



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

“Generación de energía eléctrica a partir de la obtención de biogás
del camal municipal de Chimbote”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Cordova Lezama, Angel Isaac (orcid.org/0000-0002-4725-8979)

ASESORA:

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi madre en especial por brindarme el apoyo necesario en todo mi trayecto como estudiante y profesional, a mis tías por creer en mí, a mis abuelos y hermanos por animarme día a día.

Cordova Lezama, Angel Isaac

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesora Sovero Lazo, Nelly Roxana que con sus conocimientos y capacidades nos guiaron por buen camino para lograr satisfactoriamente mi trabajo de investigación.

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, a través de sus nuevos y modernos programas de estudio.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo	20
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:.....	21
3.5. Procedimientos:.....	22
3.6. Método de Análisis de Datos:	22
3.7. Aspectos Éticos	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	72
VI. CONCLUSIONES.....	77
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	84

Índice de Tablas

Tabla 1. Máxima demanda obtenida por Joao Esquén Zamora	3
Tabla 2. Consumo energético por familia	4
Tabla 3. Características del biogás	9
Tabla 4. Cantidad de desechos por diferentes animales.....	14
Tabla 5. Cantidad de animales del camal Municipal de Chimbote	24
Tabla 6. Registro en Excel de cantidad y peso de los animales del camal	25
Tabla 7. Tabla de frecuencias de pesaje de los animales del camal.....	27
Tabla 8. Cantidad de desechos por diferentes animales.....	30
Tabla 9. Peso total de la muestra a evaluar antes del secado en laboratorio	35
Tabla 10. Peso total de la muestra a evaluar después del secado en laboratorio	37
Tabla 11. Pesajes luego de su desecación y de calcinación.....	40
Tabla 12. Pérdidas de presión de mm de columna de agua, por cada 10m de Tubería de PVC.....	52
Tabla 13. Resultados del consumo energético de los equipos del camal Municipal de Chimbote	58
Tabla 14. Tabla de consumo de cada artefacto	59
Tabla 15. Calculo de cuadro de cargas.....	60
Tabla 16. Presupuesto del sistema de generación de Energía Eléctrica	66
Tabla 17. Montaje del Sistema de generación eléctrica a partir de biogás y costos Anuales de mantenimiento	67
Tabla 18. Detalle de ingresos y egresos	68
Tabla 19. Flujo de caja o flujo Neto	68
Tabla 20. Valor total de inversión con el flujo neto por año.....	69
Tabla 21. Calculo del V.A.N.	70
Tabla 22. Calculo del T.I.R. a cinco años	70
Tabla 23. Consumo energético total y horas de uso total de cada artefacto en una semana del camal	75
Tabla 24. Valores de la producción y rendimiento promedio diario de estiércol ...	96

Índice de Figuras

Figura 1. Diferentes fuentes para la obtención de biomasa	7
Figura 2. Clasificación de la composición física de una muestra	12
Figura 3. Histograma de Conteo de animales del camal	28
Figura 4. Gráfico circular de las frecuencias relativas	28
Figura 5 Crisoles en la mufla para quitar la humedad	33
Figura 6. Pesaje de crisoles	33
Figura 7. Toma de muestra	34
Figura 8. Crisol más la muestra.....	34
Figura 9. Peso del crisol más la muestra.....	35
Figura 10. Secado después de 1 hora.....	36
Figura 11. Pesaje de la muestra después de 1 hora en el horno eléctrico.....	36
Figura 12. Ingreso de la muestra a la mufla (para el proceso de calcinación).....	38
Figura 13. Mufla programada a 550°C.	38
Figura 14. Muestra luego de 1 hora.	39
Figura 15. Peso de la muestra a 550°C.	39
Figura 16. Cenizas resultantes de la calcinación.	40
Figura 17. Esquema referencial de diseño	45
Figura 18. Válvula de alivio	53
Figura 19. Manómetro de 0 a 100 psi.....	53
Figura 20. Filtro o trampa de H_2S	54
Figura 21. Filtro de H_2S	54
Figura 22. Sistema de absorción de CO_2	55
Figura 23. Generación de condensado dependiendo de la temperatura.....	56
Figura 24. Filtro de humedad del biogás.	56
Figura 25. Grupo seleccionado	62
Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de biogás para la generación de energía eléctrica del camal.....	65
Figura 27. Gráfico de la tasa Interna de Retorno con el Valor Actual Neto	71
Figura 28 Grafico del consumo semanal del camal Municipal de Chimbote	76
Figura 29.Procedimiento de cálculo del sistema a biogás para generación de electricidad	90
Figura 30. Plano del camal municipal de Chimbote	91

Figura 31. Pozo Séptico.....	91
Figura 32. Diferentes fuentes para la obtención de biomasa	92
Figura 33. Vertederos del camal	92
Figura 34. Ganado vacuno.....	93
Figura 35. Porcinos	93
Figura 36 Mufla del laboratorio de bioquímica.....	94
Figura 37. Estufa del laboratorio	94
Figura 38. pinzas para crisol	95
Figura 39. Balanza analítica.....	95
Figura 40. crisol.....	96
Figura 41. Vacuno faenado	97
Figura 42. Cocinas del camal	97
Figura 43. Estomago de Vacunos	98
Figura 44. Contenido Vacuno directo al vertedero	98
Figura 45. Porcino faenado	99
Figura 46. Esquema básico de la producción de Biogás.....	99
Figura 47. Ficha técnica del Grupo Electrógeno	100
Figura 48. Solicitud de Autorización.	Error! Bookmark not defined.
Figura 49. Registros de la cantidad de animales y pesajes por meses, de un año del camal	101
Figura 50. Dispositivo de Almacenamiento de datos.....	101

RESUMEN

La presente investigación de tesis, que lleva por título: “Generación de Energía Eléctrica a partir de la Obtención De Biogás del Camal Municipal de Chimbote” se pretende implantar el uso de energías renovables en el Perú dando un buen uso de nuestra materia prima que disponemos en nuestros alrededores, sin dañar o damnificar nuestro medio ambiente, y el beneficio que traería al camal con respecto a sus consumos de energía.

La metodología que se utilizó es aplicada, con un nivel de investigación descriptiva. Se determinó el consumo de energía eléctrica del camal que es de 82.56 kWh, con una demanda máxima de 14.96 kW. La cantidad de residuos de excremento total que fue de 990 kg luego se hizo un estudio de la composición física de una muestra de desecho tomado del camal Municipal De Chimbote para estimar la cantidad total de biogás, mediante el método de calcinación realizada en un laboratorio; se determinó los parámetros fundamentales para la selección de un biodigestor tipo cilíndrico con un volumen de biomasa de $4.40\text{m}^3/\text{día}$ con dimensionamiento de 3.35 m de radio y con una altura de 5.23 m.

Al final de todo el proceso de análisis y desarrollo de la metodología adoptada para esta investigación, se obtendrá un sistema de aprovechamiento de este recurso que tiene el camal Municipal de Chimbote, se estimó una cantidad de biogás de 92.67 m³/día, y una cantidad de Energía Eléctrica de 187.66 kWh/día, posteriormente por medio del método de EBASCO se seleccionó un generador eléctrico adecuado a biogás de 25 kW. Finalmente se realizó una evaluación económica del sistema.

Palabras Clave: Biogás, Generación Eléctrica, Desechos de ganado, Biodigestor.

ABSTRACT

The present thesis investigation, which is entitled: "Generation of Electric Power from the Obtainment of Biogas from the Municipal Camal of Chimbote" is intended to implement the use of renewable energy in Peru by making good use of our raw material that we have. in our surroundings, without harming or harming our environment, and the benefit that it would bring to the slaughterhouse with respect to its energy consumption.

The methodology used is applied, with a level of descriptive research. The consumption of electrical energy of the slaughterhouse was determined, which is 82.56 kWh, with a maximum demand of 14.96 kW. The amount of total excrement residue, which was 990 kg, was then carried out a study of the physical composition of a waste sample taken from the Municipal De Chimbote slaughterhouse to estimate the total amount of biogas, using the calcination method carried out in a laboratory; The fundamental parameters for the selection of a cylindrical biodigester with a biomass volume of $(4.40\text{m}^3)/(\text{day})$ with a dimension of 3.35 m in radius and with a height of 5.23 m were determined.

At the end of the entire process of analysis and development of the methodology adopted for this research, a system for the use of this resource that the Municipal slaughterhouse of Chimbote has will be obtained, an amount of biogas of 92.67 m³/day was estimated, and an amount of Electric Power of 187.66 kWh/day, later by means of the EBASCO method a suitable electric generator for biogas of 25 kW was selected. Finally, an economic evaluation of the system was carried out.

Keywords: Biogas, Electricity Generation, Cattle Waste, Bio digester.

I. Introducción

El aumento del consumo de energía y la creciente preocupación por la preservación del medio ambiente junto con el concepto de generación distribuida motiva la búsqueda de nuevas fuentes renovables para la generación de energía. Entre las fuentes con gran potencial para la generación de electricidad, la energía de la biomasa tiene un papel importante en la matriz energética mundial. Actualmente los mayores consumidores de energía a base de biomasa son los países en vías de desarrollo, donde la participación en la matriz energética alcanza el 40%. En el mundo, la biomasa representa el 10-14% del suministro de energía (Ferreira Madeira, Mendes de Oliveira, Almeida Guimarães, & Oliveira Chaves, 2019).

En la siguiente investigación de tesis, se presenta los resultados obtenidos para generar energía eléctrica desde la obtención de desechos vacunos y porcinos procedentes del camal Municipal de Chimbote, aprovechando los recursos que dicho camal posee. La creciente demanda de energía a nivel mundial en base a combustibles fósiles ha causado severos daños al medio ambiente, el uso de excretas de ganado vacuno y porcino para la generación de biogás y la captación de electricidad es una opción de energía renovable que resulta altamente atractiva en términos de ahorros (Gutierrez Ramos, 2021). Este trabajo tiene la finalidad de aportar para el desarrollo de un posible proyecto en el cual sería de mucha ayuda al camal y además de contribuir con un buen futuro, preservación y cuidado del medio ambiente.

En esta investigación no solo se busca generar energía eléctrica desde los desechos vacunos y porcinos del camal gracias al potencial energético que posee el camal, también buscamos aportar y dar opciones para la reducción de gases contaminantes producidos por estiércoles de los animales, que al no tener un plan de aprovechamiento y ser arrojados a la intemperie, (Ruiz Sánchez, 2018) con el tiempo producen un gas que se escapa al medio ambiente y es 21 veces más contaminante que el CO₂, denominado gas metano, y tiene un gran poder calorífico y podría ser utilizado como combustible. Igualmente se busca diseñar una mini central por el cual se pueda mostrar el proceso de obtención del biogás y finalmente el producto que vendría ser la energía eléctrica.

A nivel ambiental, con este trabajo de investigación, en el camal Municipal de Chimbote tendrá una significativa reducción de gases contaminantes, ya que se aprovecharán los desechos de los animales vacunos y porcinos, trabajándolos con un biodigestor que generará energía eléctrica al camal y se llevará mediante un sistema de tuberías y grupo electrógeno que será independiente del sistema interconectado.

A nivel social, esta investigación presenta una gran solución contra futuras enfermedades y plagas, ya que en el camal ocurre los sacrificios de animales, por lo cual, al practicar esta actividad trae bastantes insectos y malos olores que en el camal estarán expuestos, gracias a la propuesta de aprovechar los recursos para generar electricidad por medio de un biodigestor, se busca reducir estas consecuencias.

Esta tesis tiene como objetivo general determinar la generación de Energía Eléctrica a partir del biogás procedente de los residuos y/o excremento de vacunos y porcinos en el camal Municipal de Chimbote. Y como objetivos específicos de la investigación son los siguientes; i) evaluar la cantidad total de estiércol de los animales del camal, ii) hacer un estudio de la composición física en laboratorio de una muestra de excremento de los animales para calcular y comparar el porcentaje de biogás que se obtendrá, iii) determinar las dimensiones del biodigestor en base a la cantidad de estiércol del camal y los accesorios y/o elementos correspondientes para almacenar, transportar y purificar el biogás, iv) determinar la demanda de consumo eléctrico del camal Municipal de Chimbote; v) determinar la cantidad de Energía Eléctrica en kWh a partir de la obtención de los residuos sólidos del camal.

Se ha podido notar que gracias a la llegada de animales vacunos y porcinos al camal de Chimbote se recolecta por día una cantidad considerable de excremento o guano, en donde, se puede aprovechar este recurso como combustible de generadores que funcionen a biogás para generar energía eléctrica. Finalmente, la hipótesis para la presente investigación es que, con el estudio de la producción de biogás con desechos de animales se podrá satisfacer la demanda energética del camal Municipal de Chimbote.

II. Marco Teórico

Según el autor, (Zamora, 2018), de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, de Lambayeque, realizó su investigación en el que propone, la realización de un sistema para la generación de Energía eléctrica mediante biogás, procedente del excremento porcino de una granja porcina.

Como primer paso, Joao Esquén Zamora determinó la máxima demanda que tenía la granja, para ello procedió a evaluar el consumo eléctrico en diferentes horas, durante la mañana y en la noche obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1

Máxima demanda obtenida por Joao Esquén Zamora

Energía Consumida Durante El Día	
Horas (h)	Consumida (W/h)
1° Hora (Mañana)	490
2° Horas (Mañana)	490
1° Horas (Noche)	455
2° Horas (Noche)	455
3° Horas (Noche)	455
Total	2345

Fuente: *Joao Esquén Zamora*

Luego elaboró un diseño del sistema de generación empezando por el biodigestor que se diseñó a partir de la cantidad de estiércol porcino de la granja y luego seleccionar el generador de energía eléctrica. Obteniendo así la propuesta de energía establecida para esta zona de 0.5 kW como máxima potencia generada por el biodigestor, la fuente de generación es el estiércol de ganado porcino, para abastecer este consumo se necesitan por lo menos 4 cabezas de ganado porcino. Concluyendo así que un sistema de generación de Energía Eléctrica a partir de desecho de ganado porcino resulta ser más beneficioso que otro sistema

(fotovoltaico, eólico), ya que además de generar energía limpia, también el residuo que queda se puede utilizar como abono.

En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, el Mg. Santiago Soncco Tumpi, presentó su tesis que lleva por título “Implementación de sistema de generación de energía eléctrica alternativo a partir de la producción de biogás, en Yanaoca provincia de Canas” (Tumpi, 2019), con la finalidad de conseguir el grado académico de doctor en ciencias y tecnologías medioambientales, su investigación se basó en un diseño, fabricación e implementación de un biodigestor tipo geo membrana, con la finalidad de realizar un estudio de generación de energía eléctrica alternativo a partir de la producción de biogás, el diseño lo realizó en Jilayhua del distrito de Yanaoca provincia del Cusco de donde realizó la toma de datos para su estudio, llevando un análisis detallado de parámetros termodinámicos que influyen en la fermentación de la materia orgánica dentro del biodigestor para determinar su eficiencia y su producción a lo largo de un periodo de tiempo. Para determinar la eficiencia del biodigestor y del sistema, realizó una investigación detallada sobre transferencia de calor por conducción, radiación y convección, con la finalidad de evaluar las energías que se pierde por calor y como eso afecta al proceso de generación. Obteniendo como resultados que el volumen de biogás generado en las fechas de junio y julio fue de 71 m³ por día y una eficiencia de 26.35%. En la evaluación para generar energía eléctrica realizó un cuadro de consumo energético por cada familia al día consiguiendo los siguientes datos que se aprecian en la tabla 2:

Tabla 2

Consumo Energético por Familia

Electrodomésticos	Puntos	Carga (kW)	F.U	Horas	Consumo Parcial (kWh)
Foco	6	0.02	0.6	5	0.36
Televisor	1	0.08	1	6	0.48
Licuada	1	0.3	1	1	0.30
Equipo de Sonido	1	0.08	1	4	0.32

Bomba de agua (1/2 HP)	1	0.35	1	4	1.4
Total, de consumo (kWh)					2.86

Fuente: Santiago Soncco Tumpi

Con este dato el resultado Santiago Soncco Tumpi, estimó el consumo de un mes por hogar multiplicando por 30 días, el consumo de un mes por usuario fue $2.86 \times 30 = 85.8$ kWh-mes, pero el consumo real de un usuario o familia en base a su consumo mensual lo calculo mediante la fórmula de EBASCO y le dio un resultado de 0.87 kW por usuario, y aplicando un factor de coincidencia de los equipos que funcionaran al mismo tiempo de 0.61. y sabiendo que son 40 familias la máxima demanda final fue de 21.228 kW, con ello seleccionó un generador comercial de 30 kW. Concluyendo así que el estudio realizado es factible para la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de una planta de biogás a pequeña escala, para la solución de la problemática que existe en las comunidades alto andinas.

“De acuerdo con lo investigado por los estudiantes (Rodrigues Vargas & Morales Garcia , 2017), en donde evalúan el potencial eléctrico del biogás obtenido por medio de desecho vacuno y porcino, realizando un estudio por separado de ambos desechos.

En su investigación presentan una percepción en la transformación completa de la generación de biogás que vienen de residuos pecuarios para proceder con su transformación a electricidad. Además, en su investigación buscaron estimar el potencial máximo del residuo (Pr), el teórico aprovechable (Pteo) y el técnico (eléctrico Ptec), del biogás que es generado por la digestión anaeróbica (DA) de biomasa residual porcina y bovina.

El método utilizado para estimar la producción de biogás fue el método ADM1. Mientras que los potenciales energéticos son hallados teniendo en cuenta los parámetros operacionales de las tecnologías involucradas en el proceso de conversión de biogás a electricidad. Además, el estudio que realizaron permitió determinar cuáles eran las zonas más óptimas para instalar un sistema de

generación de biogás electricidad con los desechos vacunos y porcinos respectivamente.

Su investigación les dio como resultado que el potencial energético máximo del biogás generado por la putrefacción anaerobia del 100% de los residuos porcinos y bovinos de todas las ZNI (zonas no interconectadas) es superior a los 32000 y 600 GJ/día, individualmente. Al mismo tiempo, el potencial teórico estimado, tomando en cuenta un factor de restauración de la biomasa residual del 12,5%, está alrededor de 3800 GJ/día para el desecho bovino y 81 GJ/día para el desecho porcino.

En conclusión, para hallar el potencial eléctrico se consideraron eficiencias de conversión biogás electricidad del 40, 30 y 50 % en módulos de conversión basados en MCI, TG y CC respectivamente. Para la tecnología con menor resultado (TG) el potencial técnico fue de 320,83 MWh/día para la industria bovina y 6,83 MWh/día para la industria porcina. Si se obtiene un consumo promedio por usuario de 5,06 kWh, los residuos bovinos de todas las ZNI podrían proveer 63400 hogares y los desechos porcinos 1348 hogares.

Por otro lado, la investigación permitió identificar que para el caso bovino el municipio de San Vicente del Caguán presenta buenas perspectivas para la implementación de un sistema de generación eléctrica a partir de biogás. Donde, la localidad que podría presentar un mayor impacto positivo con la instalación de uno de estos sistemas es San Juan de Caquetania. En la cual, basta con recolectar menos del 0,2% del residuo (9600 kg/día) del municipio para abastecer completamente la demanda inicial de la localidad (809 kWh/día). En un periodo de proyección de 15 años, este porcentaje de biomasa debe aumentar al 0,35% (22972 Kg/día) para abastecer su demanda proyectada (1742 kWh/día).

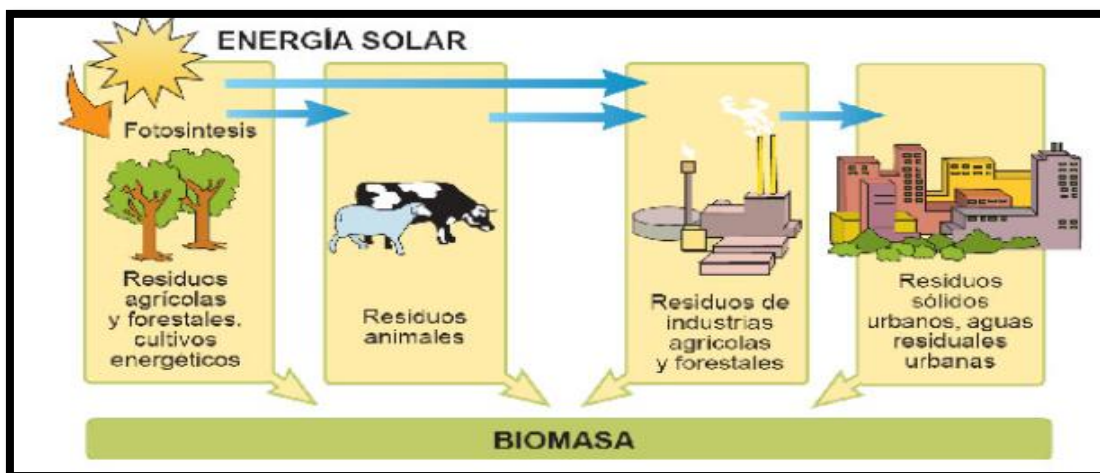
En el caso porcino, la zona que sobresalió fue el municipio de Puerto Gaitán, en el cual la localidad que podría presentar un mayor impacto positivo para la instalación de un SGEB es El Porvenir. Dónde, el 22,2% de la biomasa residual porcina de Puerto Gaitán (70155,3 Kg/día) es necesaria para abastecer la demanda de energía eléctrica inicial (4035 kWh/día) de la localidad. Mientras que para

abastecer la demanda proyectada a 15 años es necesario contar con el 45% de la biomasa residual porcina de todo el municipio.

La generación de energía a partir de biogás nos lleva a definir varios conceptos para poder entender más a fondo como se realiza este proceso, desde las características físicas y químicas de la materia orgánica (en este caso excremento vacuno y porcino), hasta la producción de energía eléctrica, a continuación se presenta la fundamentación científica de esta investigación y que juegan un papel importante porque nos ayuda a entender una metodología para resolver el problema planteado, y evitan que se tome caminos errados en el proceso de investigación.

La biomasa se conceptúa con la partición biodegradable de los productos, residuos y desechos biológicos que vienen de funciones agrarias (animal o vegetal), de las industrias conexas y de la silvicultura, incluyendo a la pesca y a la acuicultura, así como la partición biológica biodegradable de los desechos municipales e industriales, por lo tanto, la biomasa es obtenido a través de fuentes diversas (De Lucas Herguedas, Del Peso Taranco, Rodrigues Garcia, & Paniagua, 2012).

Figura 1. Diferentes fuentes para la obtención de biomasa



Fuente: De Lucas Herguedas, Del Peso Taranco, Rodrigues Garcia, & Prieto Paniagua 2012

La biomasa se puede identificar según de donde viene.

- Biomasa natural: es aquella biomasa que se obtiene por acción de la naturaleza es decir no interviene el hombre para su producción, ejemplos de esta lecha y las ramas.
- Biomasa residual: es aquella biomasa que se genera por la acción del hombre ejemplo: actividades agrícolas, ganaderas, etc.

Una de las biomasas más abundantes en el planeta, sobre todo en zonas rurales del país, y además es el tipo de materia orgánica a evaluar para este estudio, nos lleva definir sus conceptos y los beneficios que nos trae en comparación de los otros tipos de biomasa, se trata pues del excremento de ganado vacuno, que, a pesar de no ser la mejor biomasa para un rendimiento óptimo de biogás, es la que mejor abono orgánico entrega y además existen en grandes cantidades por lo que es una ventaja.

Culmina con la etapa denominado metano genésicas, donde las bacterias generan metano (CH₄), desde del ácido acético, H₂ y CO₂.

Ahora se va a definir el producto principal de la digestión anaeróbica, es el biocombustible por el cual muchos países de Europa instalan centrales eléctricas a biogás, países como Alemania, España, por el lado de Asia tenemos a china.

Según (Vinasco, 2012), define al biogás como un combustible que se puede conseguir a partir de la biomasa, tal como son los desechos de humanos agrícolas y animales, aceite de palma y plantas acuáticas. Este gas se utiliza como combustible para motores que activan una bomba de agua, o para generadores para cubrir circuitos de alumbrado, dentro del uso doméstico por ejemplo el biogás puede ser usado para la cocción de alimentos.

El biogás es un tipo de biocombustible, que se produce por una serie de acciones microbianas sin presencia de oxígeno, denominada proceso de digestión anaeróbica; y como ya se ha definido en el párrafo anterior la materia prima para la generación de este recurso energético abunda, puesto que, hasta la simple basura o desechos orgánicos domésticos, los residuos industriales, RSU (residuos sólidos urbanos), los excrementos de animales, etc., son capaces de producir biogás. Las características principales del biogás son las que se presentan a continuación:

Tabla 3

Características del biogás

	55 – 70% metano (CH ₄)
Composición	30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂)
	Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kWh m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo /m ⁻³ Biogás
Límite de explosión	6 – 12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5 °C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido
Masa molar	16.043 Kg Kmol ⁻¹

Fuente: (*Manual del Biogás*)

Su principal componente es el metano, es el que define su calidad como gas, esto significa que si el porcentaje de metano es grande el biogás será de buena calidad y gran poder calorífico.

Los cálculos para este trabajo de investigación se realizarán mediante fórmulas dadas por investigadores que realizaron un estudio minucioso para generalizar las ecuaciones de obtención de biogás para cualquier tipo de sustrato o desecho de animales y diseños de los componentes para la mini central.

Para calcular la capacidad del biodigestor, independiente del tipo de biodigestor a seleccionar para el camal Municipal de Chimbote, se empleará la siguiente fórmula que está relacionado con las dimensiones del biodigestor.

$$V_t = V_l + V_g \dots \dots \dots (1)$$

Donde

- V_t : Volumen total del biodigestor
- V_l : volumen de líquido o volumen que ocupa la mezcla de excreta y agua
- V_g : Volumen que queda para el almacenamiento del gas que se genera en el proceso

Es recomendado dejar una capacidad del 25% del volumen del biodigestor para el gas a producirse, por lo tanto, el volumen líquido se obtiene de la siguiente manera, teniendo en cuenta la carga máxima de excremento que hay disponible.

$$V_l = (CD + (3XCD))XTR \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- CD : Volumen de carga diaria de excremento.
- $(3XCD)$: Cantidad de agua con relación a la carga diaria.
- TR : Tiempo de retención hidráulica.

Carga diaria de excremento:

$$CD = \frac{Kg \text{ de excremento}}{Densidad \text{ de excremento}} \dots \dots \dots (3)$$

Para proyectar la cantidad de biogás por día se usará la ecuación presentada por (Winstón, 2016) en su investigación:

$$\frac{m^3 \text{ de biogás}}{\text{día}} = \frac{kg \text{ de estiércol}}{\text{día}} * \%ST(\text{De muestra}).\%SV(\text{de ST}) * N \left(\frac{m^3}{kg \text{ SV}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- $\%ST$: sólidos totales en porcentaje de muestra
- $\%SV$: sólidos volátiles en porcentaje de ST

- N: rendimiento en biogás por kg de sólidos volátiles
- $\frac{\text{kg de estiércol}}{\text{día}}$: es la cantidad de estiércol que se dispone al día

La composición física de un tipo de excremento, es un dato muy importante para apreciar la capacidad de producción de biogás de un determinado sustrato, los sólidos totales por ejemplo representan la parte seca de una determinada muestra es decir sin humedad, según (Palacios, 2016), define a los sólidos totales como los desechos que quedan en una bandeja después de la evaporación de una muestra de materia prima para consiguiente el secado en una estufa o horno a 105°C o 180°C durante 1 h.

Los sólidos totales, son los sólidos sin humedad de una muestra, en el excremento de estos animales es necesario llevar una muestra a 105°C o 180°C, para poder determinar su valor en kg , ya que la excreta de vacuno y porcino se comprende de una mezcla de estiércol y de orina, de los sólidos totales aparecen los sólidos suspendidos totales y los sólidos disueltos, los primeros representan el peso de la muestra que son retenidos por un filtro y el segundo son los sólidos que pasan a través del filtro y generalmente está mezclado con la parte líquida del excremento.

Los sólidos suspendidos totales y los sólidos disueltos contienen a los sólidos volátiles y sólidos fijos , los sólidos volátiles o también conocida como la parte orgánica de una muestra, es la que se volatiliza a temperaturas elevadas, y es la más asociada con la producción de biogás, es decir solo la parte orgánica de una determinada materia prima es convertida en biogás, (Palacios, 2016) define a los sólidos volátiles como el peso perdido de una muestra secada durante la combustión o calcinación a 550°C durante 1h o 600°C durante 20 minutos, y los sólidos fijos o también conocida como cenizas es la parte de una muestra que queda después de la calcinación.

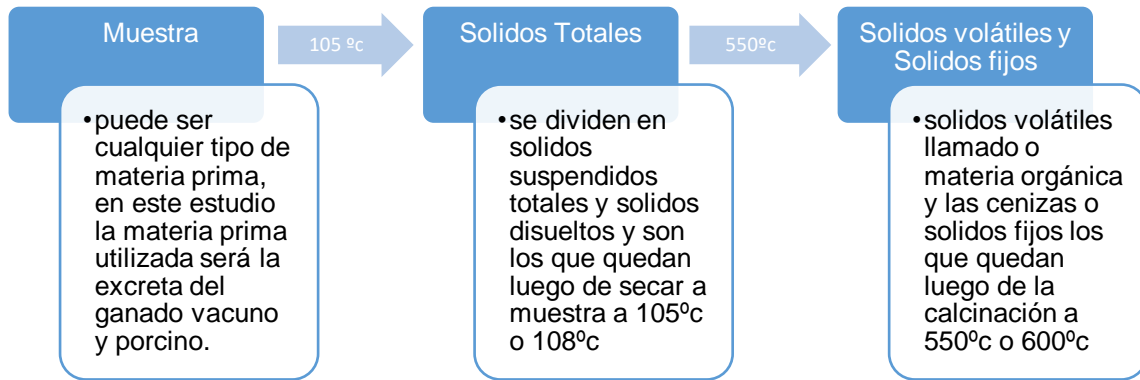


Figura 2. Clasificación de la composición física de una muestra

Fuente: *Elaboración Propia*

El método del cual hablamos es el método de la calcinación, es uno de los métodos apropiados para analizar la materia orgánica de una muestra en un laboratorio, este tipo de método es el más apropiado para poder analizar muestras que contengan sólidos totales elevados ejemplo, el suelo y en este caso excremento de animales, siendo el método a utilizar para evaluar la composición de los desechos vacunos y porcinos del camal Municipal de Chimbote.

Existen otros procedimientos para calcular el porcentaje de materia orgánica de una muestra en un laboratorio, que son la demanda biológica de oxígeno y la demanda química del oxígeno, estos métodos son indicadores para medir el grado de contaminación por materia orgánica de sustancias líquidas que pueden ser provenientes de agua residuales domésticos y urbanos, agrícola e industrial, y su unidad de medida es (mg/l), estos métodos se basan en determinar la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica de una muestra.

Si se hace una comparación entre los métodos explicados, nos podremos dar cuenta que el método por calcinación es el más apropiado para este estudio, ya que la materia prima que se va a estudiar es un excremento animal.

Para determinar el peso de sólidos totales, volátiles y de las cenizas se aplicarán las ecuaciones siguientes que también fueron presentadas por el autor Arrieta Palacios:

$$- \text{ Sólidos Totales (\%)} = \frac{\text{Peso a } 105 \text{ °C} - \text{Peso de tara}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \dots\dots (5)$$

- Sólidos volátiles (%) = $\frac{\text{Peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso a } 550^{\circ}\text{C}}{\text{peso de sólidos totales}} * 100 \dots \dots \dots (6)$
- % Cenizas = %St - %Sv (7)

Donde:

- Peso de la tara: peso del crisol utilizado en el laboratorio
- Peso de muestra: (kg) de muestra a analizar
- Peso a 105°C: (kg) peso que se registra en la balanza luego del proceso de secado
- Peso a 550°C: (kg) peso registrado luego de la calcinación
- %St: Porcentaje de sólidos totales
- %Sv: porcentaje de sólidos volátiles

Los sólidos volátiles están en porcentaje de los sólidos totales esto con la finalidad de saber qué porcentaje representa de los sólidos totales para aplicar en la primera fórmula.

El excremento vacuno, si bien es cierto se ha demostrado que no tiene un rendimiento óptimo en la generación de biogás, sino, que el excremento de cerdo y excretas humanas, son los que más rendimiento en biogás poseen por su composición óptima en nutrientes que facilita el ciclo metano genésico, pero la desventaja de estos dos, son que el abono obtenido al final del proceso es muy ácido y no se puede aprovechar, en comparación con el excremento de vacas, que se encuentran en grandes cantidades en los establos, además el abono obtenido al final del proceso es de alta calidad.

A continuación, se presenta una tabla donde nos indica la obtención de excremento diaria de diferentes animales en relación a su peso vivo, para luego se podrá deducir una fórmula para estimar la cantidad de excremento disponible al día.

Tabla 4

Producción de estiércol fresco

Ganado	Kg de estiércol fresco producido por cada 100 Kg de peso del animal
Cerdo	4
Bobino	7
Caprino	4
Conejos	3
Humano adulto	0.4 kg por adulto
Humano Niño	0.2 kg por niño
Equino	7

Fuente: *Toala Moreira, 2013*

Para estimar la cantidad de excremento al día de un bobino y porcino estará entonces en función de su peso corporal, según el cuadro anterior, por cada 100 Kg del peso del animal le corresponde 7 Kg de excremento, de acuerdo a este punto de vista es fácil deducir una formula, si se divide el peso total del animal entre 100 y luego se multiplica por 7 Kg, tendremos la cantidad de excremento al día.

- Para bovinos la formula seria la siguiente:

$$- M \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Peso del animal (Kg)}}{100} * 7 \dots \dots \dots (8)$$

O es lo mismo decir que:

$$- M \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \text{Peso del animal (Kg)} * 0.07 \dots \dots \dots (8.1)$$

- Para porcinos la formula seria la siguiente:

$$- M \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Peso del animal (Kg)}}{100} * 4 \dots \dots \dots (9)$$

O es lo mismo decir que:

$$-M \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \text{Peso del animal (Kg)} * 0.04 \dots \dots \dots (9.1)$$

El rendimiento en biogás, que este estudio lo reconoceremos con la letra “M” es la capacidad de una determinada biomasa para producir biogás en función de sus solidos volátiles y solo se puede determinar llevando un estudio experimental y con la toma de datos de manera longitudinal es decir evaluando mediante un proceso para generar biogás que cantidad se produce mensual o a diario.

Al ser este estudio tipo descriptivo, tomaremos como base, según experiencias de autores en relación al trabajo que se realiza, y con investigaciones experimentales y los libros e informes que se ha investigado, la mayoría de los autores definen un rendimiento aceptable para el biogás que varía en relación de la proporción en kg de materia orgánica o solidos volátiles que se encuentran entre (0.18 m3/Kg SV – 0.4m3/Kg SV) para los desechos vacunos y porcinos, y como ya se explicó en párrafos anteriores la materia orgánica o sólidos volátiles se va determinar de acuerdo al método de calcinación , calcinando la muestra a 550°C durante 1 hora.

A continuación, se explica en que se fundamenta el realizar una investigación de este tipo en el camal Municipal de Chimbote.

Es importante tomar conciencia de la situación ambiental que atravesamos en estos tiempos, puesto que el calentamiento global es imparabile por la cantidad de gases contaminantes que se expulsan al medio ambiente, si hablamos de un gas que es 21 veces más contaminante que el CO2, hablaremos del metano, este tipo de gas es altamente nocivo si se escapa al medio ambiente, y se produce justamente por todos los residuos orgánicos que son arrojados y no son aprovechados, en este caso, los residuos de ganado vacuno y porcinos tiene como capacidad de generar biogás y con este combustible hacer funcionar generadores de electricidad.

Además, estimar la producción eléctrica del biogás procedente de los desechos vacunos y porcinos en el camal Municipal de Chimbote nos da una base para una futura instalación de producción de biogás y aprovechamiento como generación de electricidad para uso doméstico, y que pueda atender también las demandas energéticas en gas, siendo sin duda un gran aporte para mejorar el camal.

Con el uso de este biocombustible se puede sustituir a los combustibles fósiles, como, por ejemplo, la generación de energía eléctrica mediante generadores a biogás, con el fin de atender cargas o circuitos pequeños en el caso de que se cuente con un sistema de generación de biogás a escala doméstica.

En el caso de que ser necesario un proyecto de gran magnitud, se puede instalar una central térmica de biogás de potencias aceptables, que puedan trabajar interconectadas al sistema eléctrico interconectado nacional peruano.

Como se define en las características del biogás en la tabla número 6, el biogás tiene un contenido energético de (6 -6.5) kWh/m³, este dato nos sirve para estimar la cantidad de energía, ya que la mayoría de investigadores coinciden con estos valores de acuerdo a datos experimentales. En este trabajo de investigación se ha de tener en cuenta también las eficiencias del sistema de generación de biogás y la del generador y sobre todo el consumo del motor que se ha de utilizar para así poder determinar una producción de energía más real.

Según, (Tumpi, 2019), en su investigación de la energía producida mediante biogás define una fórmula que nos permite calcular con mayor exactitud la producción de energía eléctrica del biogás:

- $E=M*e*n.....(10)$

Donde:

- E: energía producida por día
- M: m³ de biogás producido al día
- e: Contenido energético del biogás
- n: eficiencia del generador

Según (Reyes Aguilera, 2017); determinó que cualquier desarrollo o proceso bioquímico, la temperatura es un factor muy importante ya que en el proceso mejora a grupos microbianos específicos. La biodigestión anaerobia puede ocurrir en un amplio rango de temperaturas desde los 5°C hasta los 60°C. En el proceso de biodigestión anaerobio no se verá afectado si la temperatura aumenta; pero, si hubiera una disminución de temperatura se podría retardar la producción de metano. Por ello es recomendable que el biodigestor se encuentre en un clima cálido para conservar una tasa de generación de biogás alto.

Por ello se debe considerar en Chimbote la temperatura promedio que es de 15 a 45°C variable en todo el año.

A continuación, se presentará algunos conceptos que son imprescindibles en esta investigación de tesis:

La producción de energía a partir de la **biomasa** está basada en la manera en que se utilizará los materiales residuales producidos por los animales, plantas, residuos sólidos urbanos, entre otras; para la obtención de energía mediante procesos de transformación. La biomasa se puede considerar como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, que es utilizado como fuente de energía. (Manrique, 2017)

También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales, desechos de animales y lodos de depuradora, así también como otros residuos derivados de fábricas o industrias. (Rodríguez, 2020).

El **biogás** se genera mediante un proceso de degradación de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, o sea en ausencia de oxígeno. La digestión anaeróbica es resultado de la acción de bacterias, las cuales se denominan metano génicas, y las cuales degradan la materia, liberando metano en el proceso. Dichas bacterias metano génicas son el último eslabón de una cadena de microorganismos encargados de degradar las materias orgánicas y devolver los productos descompuestos al medio ambiente. De esta forma el biogás es generado como una fuente de energía renovable. (Tumpi, 2019).

El biodigestor es un contenedor sellado herméticamente al que entra el estiércol en este caso, dentro de este se origina un proceso de biodigestión anaerobio. Y la materia prima pasa a transformarse en un biofertilizante llamado biol, así como también produce biogás para utilizarse en tareas como calefacción o electrificación.

La utilización de **biodigestores** además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos, como, por ejemplo; mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, así como los elementos menores son conservados en el efluente. El efluente no tiene olor. El volumen mínimo para el almacenamiento de biogás en el digestor debe ser de 4 a 6 horas de producción de biogás (Zamora, 2018).

Las **energías renovables** en el Perú son una alternativa económicamente competitiva y técnicamente fiable para su aprovechamiento en zonas rurales del Perú, reducen la dependencia energética, promueven el desarrollo local y procuran el cuidado del ambiente. Con respecto al uso de bioenergía el Perú tiene posibilidades de instalar centrales eléctricas de biomasa con una capacidad de 177 MW y con biogás con una capacidad de 51 MW. (Vasquez Cordano, Tamayo Pacheco, & Salvador Jácome, 2017)

III. Metodología

A. Proyecto de Investigación Cuantitativo.

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: En esta investigación de tesis el tipo de investigación será aplicada, porque se aplicará conocimientos teóricos de análisis, en las variables.

3.1.2. Diseño de Investigación:

- El estudio que se realizará será de diseño no experimental del tipo transversal descriptivo. Esta investigación se focaliza más en el método de análisis, de la muestra o población a estudiar, en este caso se estimará la creación de biogás y la cantidad de energía eléctrica, previamente hecho un estudio y cálculos para dichos resultados.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables son de tipo cuantitativo. (La matriz de operacionalización de variables se encontrará en anexo 1).

- Variable independiente: Aprovechamiento del Biogás (obtenido de desechos vacunos y porcinos)
- Variable dependiente: Demanda Energética.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

- Carga de consumo eléctrico del camal Municipal de Chimbote y el excremento total en kg de bovinos y porcinos.

3.3.2. Muestra:

- La muestra que se estudiará será 14.86 g de excremento, y es tomada por conveniencia, bajo las siguientes justificaciones:

3.3.3. Muestreo:

Debido a que el muestreo por conveniencia y no probabilístico significa que los individuos de la población a estudiar tienen una similitud grande, en este caso los desechos en el camal Municipal de Chimbote presentan las siguientes condiciones, y justifica un muestreo por conveniencia.

- La muestra de 14.86 g, se escogió para poder calcular el porcentaje de sólidos volátiles y estimar la cantidad total de biogás que se obtendrá, en otro concepto la cantidad se tomó por ser la cantidad máxima que el crisol de porcelana puede almacenar o albergar para el estudio en laboratorio.
- Se tomó dicha muestra para evaluar la calidad de biogás que se obtendrá, para ello la fuente también debe ser de alta calidad por ello esta muestra se someterá a un estudio en laboratorio.
- Los animales son similares ya que están seleccionadas por razas, edades, pesos.
- La alimentación para todos es balanceada en el camal.
- Las vitaminas son para todos los animales el mismo por lo tanto la composición de sólidos de desechos tendrán una similitud grande.
- La producción de Energía Eléctrica a partir del biogás tiene como materia prima al excremento de los animales, la cantidad de energía eléctrica que se pueda generar depende mucho de la calidad del estiércol de los animales del camal.

Unidad de Análisis:

Consumo eléctrico y excremento del camal en el camal Municipal de Chimbote.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

Técnicas

- Encuesta

La encuesta permitió generar un sin números de interrogantes y poder indagar con los trabajadores del camal sobre el consumo de energías tradicionales que usan diariamente, también disponer sobre su conocimiento sobre la producción de energía eléctrica a partir de los desechos de animales del camal con la finalidad de abastecer sus necesidades energéticas cotidianas.

- Revisión de la base de datos

Los datos se obtuvieron como base de toda la data almacenada de todos los días, correspondiente a los pesos de los animales del camal Municipal de Chimbote. (Anexo 25 y 26).

- Observación documental

Esta técnica lo conforman; libretas de notas, fotos, guías de observación que nos permitió conocer más sobre la cantidad de materia orgánica que se produce en el camal.

- Informes

Incluyendo los informes, libros, revistas y catálogos sobre producción de electricidad a partir del biogás, también búsquedas en páginas de internet de estudios elaborados en diferentes lugares del Perú.

Instrumentos

- Registro

Se usará el registro, para controlar la cantidad de animales del camal con sus respectivos pesos.

- Fichas diversas

Se ingresará al campo de trabajo y se anotarán la cantidad de los equipos o artefactos eléctricos, así mismo la cantidad de horas que están funcionando.

3.5. Procedimientos:

Primeramente, se tuvo que ir al lugar donde se hará la investigación y se levantó información como, por ejemplo; cuantos animales hay en dicho camal, el terreno donde se hará la investigación, entre otras. Para esto con anticipación se tuvo que hacer las respectivas coordinaciones para poder ingresar al establecimiento, se pidió un permiso del encargado, y así poder desplazarse por el lugar cómodamente. Así mismo los datos de la cantidad y peso de los animales se evaluarán mediante una tabla de frecuencias de datos agrupados por intervalos, ya que por la cantidad de datos es mejor este tipo de método estadístico, porque nos da la ventaja de que no es necesario representar los 80 datos, haciéndose una tabla extensa es por eso que agruparlos por intervalos sería lo más conveniente. Luego se recogerá una pequeña muestra del excremento de los animales del vertedero, y se llevará a laboratorio para aplicar el método de calcinación, dejando en evidencia los porcentajes que conforman al biogás, una vez calcinada la materia orgánica.

Y en el anexo 4 se mostrará el proceso del sistema de biogás para la producción de electricidad.

3.6. Método de Análisis de Datos:

Primero se determinará la cantidad de animales que existen en el camal Municipal de Chimbote, haciendo la visita a campo y registrando todo en el programa Excel.

Para determinar el peso se procederá, a dividir en dos grupos entre porcinos y vacas grandes, serán registrados en una hoja de Excel, aplicando fórmulas para promediar pesos.

Se determinará la cantidad de excremento vacuno y porcino producido en el camal por día en función del peso total, los datos serán registrados en fichas para luego su procesamiento en los softwares siguientes

Para la toma de datos de la máxima demanda en cargas básicas se usará el instrumento de la encuesta y se colocaran en tablas de doble entrada.

Los programas para el procesamiento de datos y para elaboración del informe serán:

Tablas de doble entrada: Se utilizarán para organizar de forma sistemática la información existente entre dos indicadores por ejemplo en este caso para saber la potencia de cada artefacto o equipo, y calcular la demanda máxima del camal.

Tabla de frecuencia: se utilizará por sus grandes ventajas para calcular y convertir registros extensos en intervalos más pequeños, de los datos tomados para la presente investigación.

Gráfico de barras: Es una forma de agrupar datos por categorías, en este caso se presenta 2 grupos, el primer grupo es de la cantidad de animales y el segundo grupo del promedio del peso de los animales.

Gráfico circular: Se dividen en sectores; cada uno muestra el tamaño de un fragmento de información relacionado (parte de un todo).

3.7. Aspectos Éticos

En este trabajo de investigación se acatarán los principios de equidad y respeto a los derechos humanos, también diversidad y dignidad. Se focalizará el interés en la consideración de los aspectos de la investigación, en su naturaleza y respeto a la dignidad del ser humano. (Muñoz Silva, 2019)

IV. Resultados

En este capítulo, se desarrollaron los cálculos para conocer los resultados, después de la toma de datos necesarios en campo, los cálculos proceden de la siguiente manera:

4.1. Evaluación para calcular la cantidad total de estiércol del camal

A continuación, se tomó los datos de 1 año del registro del camal para promediar cuantos animales existen, y así poder estimar cuanto desecho producen al día.

Registro de la cantidad y pesos de los bovinos y porcinos del camal municipal de Chimbote

Tabla 5

Cantidad De Animales Del Camal Municipal De Chimbote

Administrador del camal Julio Aquino Martell

Tiempo de análisis 1 Año

Meses del año 2019	# Numero de porcino	# Numero de Vacas Grandes	Total, del animales del camal por mes
Enero	1062	1215	2277
Febrero	986	994	1980
Marzo	1454	1281	2735
Abril	1639	1276	2915
Mayo	1730	1336	3066
Junio	1416	1186	2602
Julio	1648	1340	2988
Agosto	1496	1245	2741
Setiembre	1406	1152	2558
Octubre	1473	1230	2703
Noviembre	1327	1200	2527
Diciembre	1258	1114	2372
	Promedio		2558.5

Fuente: Base de datos del camal Municipal de Chimbote.

Los datos se evaluarán mediante una tabla de frecuencias de datos agrupados por intervalos, ya que por la cantidad de datos es mejor este tipo de método estadístico, porque nos da la ventaja de que no es necesario representar los 80 datos, haciéndose una tabla extensa es por eso que agruparlos por intervalos sería lo más conveniente.

Tabla 6

Registro en Excel cantidad y peso de los animales del camal

NUMERO DE PORCINOS	PESOS (Kg)	NUMERO DE VACAS GRANDES	PESOS (Kg)
1	80	1	300
2	110	2	290
3	120	3	302
4	100	4	300
5	100	5	256
6	130	6	250
7	90	7	295
8	100	8	380
9	100	9	300
10	98	10	200
11	95	11	300
12	95	12	314
13	80	13	350
14	132	14	350
15	85	15	280
16	115	16	390
17	80	17	400
18	127	18	234
19	94	19	264
20	81	20	250
21	104	21	400
22	80	22	200
23	110	23	302
24	125	24	200
25	88	25	256
26	94	26	250
27	110	27	295
28	100	28	252
29	135	29	200
30	95	30	250
31	140	31	300

32	98	32	314
33	100	33	250
34	98	34	350
35	130	35	400
36	85	36	390
37	130	37	244
38	128	38	234
39	94	39	364
40	135	40	210

Fuente: *Elaboración Propia*

Elaboración de la tabla de frecuencia del pesaje de los animales:

Según el libro de estadística de los autores (Salazar P. & Del Castillo, 2018), la tabla de frecuencia se usa mayormente para representar mediante intervalos a un grupo extenso de valores; así también se puede conocer la repetitividad de una serie de datos, en este caso tenemos 80 datos en total (40 de porcinos y 40 de bovinos) y se nos haría complicado trabajar uno por uno, el desarrollo también sería extenso, por ello se optó por este método estadístico.

Primeramente, procedemos a calcular el promedio de peso de los porcinos:

Calculo del rango:

$$\begin{aligned}
 & - R = Ls - Li \\
 & - R = 140 - 80 \\
 & - R = 60
 \end{aligned}$$

Donde:

- Ls: Límite superior (dato mayor) :140
- Li: Límite inferior (dato menor) :60
- R: Rango

Calculo de numero de intervalos:

$$\begin{aligned}
 & - \#I = 1 + 3.32 * \text{Log}(N) \\
 & - \#I = 1 + 3.32 * \text{Log}(40) \\
 & - \#I = 6.33 = 6
 \end{aligned}$$

Donde:

- N: Total de datos :40
- #l: Numero de Intervalos de clase

Calculo de la amplitud:

$$- A = \frac{R}{\#l}$$

$$- A = \frac{60}{6}$$

$$- A = 10$$

Donde:

- R: Rango
- #l: Numero de Intervalos de clase
- A: Amplitud

Cuadro de frecuencias del pesaje de los animales del camal:

Tabla 7

Tabla de frecuencias de pesaje de los animales del camal

intervalos		X	f_i	$x * f_i$	F	h	H
80	90	85.0	9	765	9	22.5	22.5
90	100	95.0	14	1330	23	35	57.5
100	110	105.0	4	420	27	10	67.5
110	120	115.0	2	230	29	5	72.5
120	130	125.0	6	750	35	15	87.5
130	140	135.0	5	675	40	12.5	100
			N=40	4170		100	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la media o promedio del peso de los animales:

$$- P_m = \frac{\sum(x * f_i)}{N}$$

$$- P_m = \frac{4170}{40}$$

$$- P_m = 104.25 \text{ kg/animal}$$

Este resultado obtenido estadísticamente representa el peso promedio de los 40 porcinos en el camal Municipal de Chimbote.

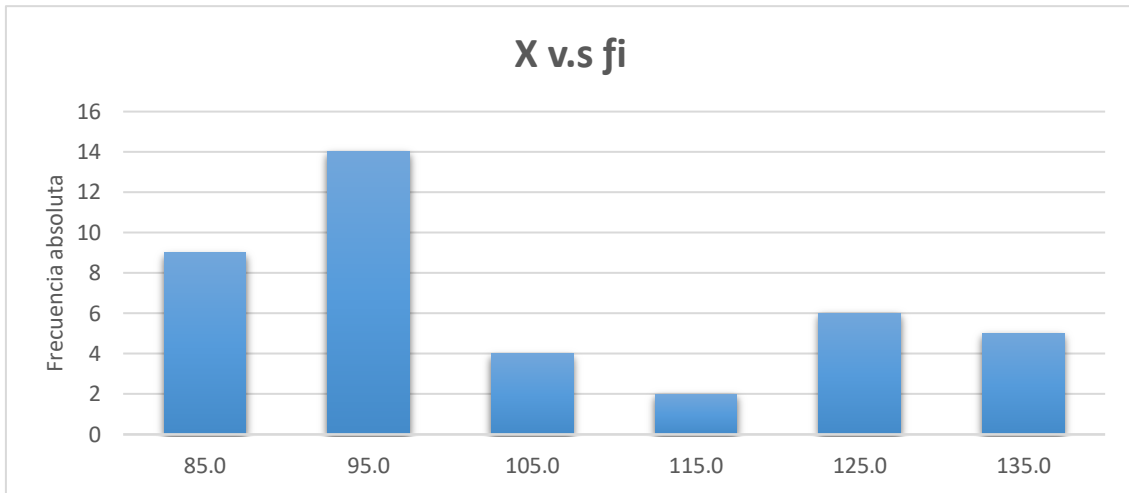


Figura 3. Histograma de Conteo de porcinos del camal.
Fuente: *Elaboración Propia*

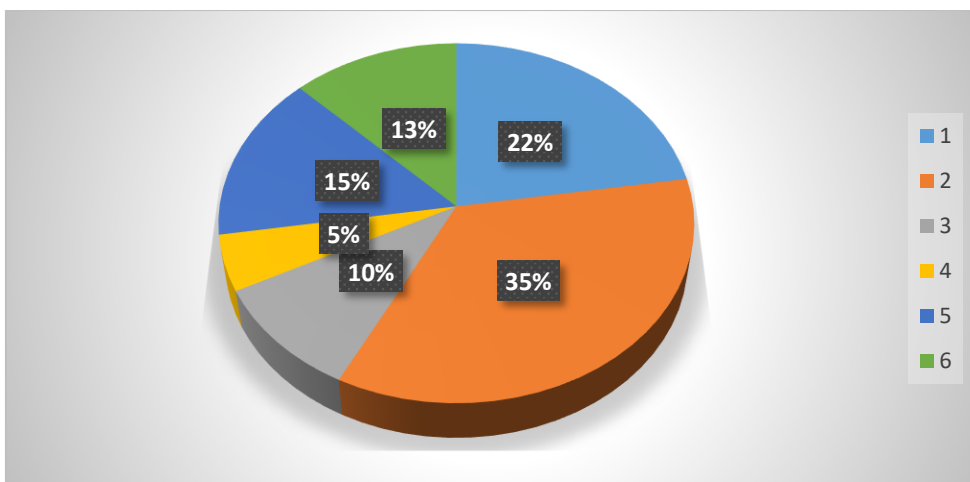


Figura 4. Gráfico circular de las frecuencias relativas
Fuente: *Elaboración Propia*

Por ultimo procedemos a calcular el promedio de peso de los bovinos:

Calculo del rango:

$$\begin{aligned}
 - R &= Ls - Li \\
 - R &= 400 - 200 \\
 - R &= 200
 \end{aligned}$$

Donde:

- Ls: Limite superior (dato mayor) :400
- Li: Limite inferior (dato menor) :200
- R: Rango

Calculo de numero de intervalos:

- $\#I = 1 + 3.32 * \text{Log}(N)$
- $\#I = 1 + 3.32 * \text{Log}(40)$
- $\#I = 6.33 = 6$

Donde:

- N: Total de datos :40
- #I: Numero de Intervalos de clase

Calculo de la amplitud:

- $A = \frac{R}{\#I}$
- $A = \frac{200}{6}$
- $A = 33$

Donde:

- R: Rango
- #I: Numero de Intervalos de clase
- A: Amplitud

Cuadro de frecuencias del pesaje de los animales del camal:

Tabla 8

Tabla de frecuencias de pesaje de los animales del camal

intervalos		X	f_i	$x * f_i$	F	h	H
200	233	216.5	5	1083	5	12.5	12.5
233	266	249.5	12	2994	17	30	42.5
266	299	282.5	4	1130	21	10	52.5
299	332	315.5	9	2840	30	22.5	75
332	365	348.5	3	1046	33	7.5	82.5
365	398	381.5	7	2671	40	17.5	100
			N=40	11762		100	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la media o promedio del peso de los animales:

- $P_m = \frac{\sum(x * f_i)}{N}$
- $P_m = \frac{11762}{40}$

- $P_m=294.05$ kg/animal

Este resultado obtenido estadísticamente representa el peso promedio de los 40 bovinos en el camal Municipal de Chimbote.

Se empezó estimando la cantidad disponible de desecho vacuno y porcino por día en el camal Municipal de Chimbote, de acuerdo con los antecedentes y las investigaciones realizadas, la producción de excremento vacuno al día está alrededor de 12 a 20 kg al día por animal y del porcino está entre 4 a 8 kg al día (Toala Moreira, 2013).

A continuación, se presenta una tabla donde nos indica la producción de estiércol diaria de diferentes animales en función de su peso vivo, para luego poder deducir una fórmula para estimar la cantidad de excremento disponible al día.

Tabla 9
Producción de excreta fresca diaria

Ganado	Kg de estiércol fresco producido por cada 100 kg de peso del animal
Cerdo	4
Bobino	7
Caprino	4
Conejos	3
Equino	4
Humano adulto	0.4 kg por adulto
Humano niño	0.2 kg por niño

Fuente: *Toala Moreira, 2013*

Para estimar la cantidad de excremento al día, estará entonces en función de su peso vivo, según el cuadro anterior, **por cada 100 kg del peso del animal bovino le corresponde 7 kg de excremento y para el porcino le corresponde 4 kg de estiércol**, (Toala Moreira, 2013), de acuerdo a este punto de vista es fácil deducir una fórmula, si se divide el peso total del animal entre 100 y luego se multiplica por 7 kg, tendremos la cantidad de excremento al día.

- Para **bovinos** la fórmula sería la siguiente:

$$- M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = \frac{\text{Peso del animal (kg)}}{100} * 7 \dots \dots \dots (8)$$

O es lo mismo decir que:

$$M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = \text{Peso del animal(kg)} * 0.07 \dots \dots \dots (8.1)$$

Aplicando la formula N°6, que determina la cantidad de excremento por día:

$$M\left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right) = \text{kg} * 0.07$$

$$M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día x bovino}}\right) = 294.05 \text{ kg/animal} * 0.07 = 20.58 \text{ kg/día x animal}$$

- Para **porcinos** la formula seria la siguiente:

$$- M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = \frac{\text{Peso del animal (kg)}}{100} * 4 \dots \dots \dots (9)$$

O es lo mismo decir que:

$$M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = \text{Peso del animal(kg)} * 0.04 \dots \dots \dots (9.1)$$

Aplicando la formula N°6, que determina la cantidad de excremento por día:

$$M\left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right) = \text{kg} * 0.04$$

$$M\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día x bovino}}\right) = 104.25 \text{ kg/animal} * 0.04 = 4.17 \text{ kg/día x animal}$$

Ahora se sumará el total de bovinos y porcinos para luego multiplicar por la cantidad total de bovinos y porcinos en el camal Municipal de Chimbote para obtener el pesaje total de desecho vacuno y porcino disponible al día:

$$M.\text{total}\left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) = 24.75 \text{ kg/día x 40 animales} = 990 \text{ kg/día}$$

Como se puede notar el peso promedio de la producción de excremento por día que se dispone en el camal de Chimbote, es de 990 kg/día, y este dato será utilizado para estimar la cantidad de producción de biogás.

4.2. Estudio de la composición física en laboratorio para el cálculo y estimación de biogás

Anteriormente se mencionó, la cantidad de muestra seleccionada es una muestra tomada por conveniencia o no probabilística, ya que para el caso de un análisis en un laboratorio se requiere de una cantidad pequeña en gramos.

Se tomó entonces un muestreo de 14.89g de excremento de los desechos del camal, para su posterior análisis.

El análisis de la composición física del excremento se realizó en el laboratorio de bioquímica de la facultad de ciencias de la salud. El permiso para el uso del laboratorio se obtuvo mediante una solicitud enviada al director de escuela de tecnología médica el Dr. Agapito Enríques Valera, el cual aprobó el uso del laboratorio.

Los instrumentos indispensables utilizados fueron mufla, estufa de laboratorio, pinzas para sujetar al crisol, balanza analítica, crisol ver (Anexo 11 hasta el anexo 15).

A continuación, se presenta los pasos seguidos en el laboratorio, primero se sometió a los crisoles durante 15 minutos a 550°C, para quitarles toda la humedad.



Figura 5 Crisoles en la mufla para quitar la humedad
Fuente: Elaboración Propia

Pasado los 15 minutos se retiraron los crisoles con el uso de las pinzas, y se tomaron sus pesajes dando un resultado de 38.06g.



Figura 6. Pesaje de crisoles
Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se tomó la muestra para su secado en la estufa a 105°C durante 1 hora



Figura 7. Toma de muestra
Fuente: Elaboración Propia



Figura 8. Crisol más la muestra
Fuente: Elaboración Propia



Figura 9. Peso del crisol más la muestra.
Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 10

Peso total de la muestra a evaluar antes del secado en laboratorio.

Peso de la muestra con el crisol (g)	52.95
Peso del crisol (g)	38.06
La muestra inicial	TOTAL
	14.89

Fuente: Elaboración Propia.

Luego la muestra se pasó a la estufa para su secado durante 1 hora a 105°C, con el fin de obtener los sólidos totales. Pasada el tiempo se tomó el peso (del crisol más la muestra) y resultó un pesaje de 48.950 g



Figura 10. Secado después de 1 hora.
Fuente: Elaboración Propia



Figura 11. Pesaje de la muestra después de 1 hora en el horno eléctrico.
Fuente: Elaboración Propia.

Aplicaremos la ecuación número 2, que determina el porcentaje de sólidos totales presentes en la muestra, es decir qué porcentaje de la muestra, son sólidos totales sin humedad:

Tabla 11

Peso total de la muestra a evaluar después del secado en laboratorio.

Peso de la muestra con el crisol a 105°C (g)	48.95
Peso del crisol (g)	38.06
La muestra a 105°C	TOTAL 10.89

Fuente: *Elaboración Propia.*

Donde:

- Peso a 105°C: 48.950 (peso registrado luego de secar la muestra)
- Peso de tara o crisol: 38.06 g
- Peso de muestra inicial: 14.89 g

$$\text{Solidos Totales (\%)} = \frac{\text{Peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra inicial}} * 100 \dots (2)$$

$$\text{Solidos Totales (\%)} = \frac{48.950 - 38.06}{14.89} * 100 = 73.136 \%$$

El porcentaje de solidos totales fue de 73.136 %, ahora se determinará el porcentaje de solidos fijos o también llamadas cenizas, mediante la calcinación de la muestra durante 2 horas a 550°C.



Figura 12. Ingreso de la muestra a la mufla (para el proceso de calcinación).
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 13. Mufla programada a 550°C.
Fuente: Elaboración Propia.

- Luego de haber pasado 2 hora dentro de la mufla abrimos con cuidado, y dejamos nuestra muestra calcinada que se enfríe por 5 minutos.



Figura 14. Muestra luego de 1 hora.
Fuente: Elaboración Propia

- Luego de sacar la muestra de la mufla hecho cenizas (Sólido Fijos) procedemos a pesar.



Figura 15. Peso de la muestra a 550°C.
Fuente: Elaboración Propia.

Después de dos horas, la muestra se calcinó totalmente quedando así los sólidos fijos, y nos dio un pesaje de 38,270 g, es un peso prácticamente parecido al peso del crisol ya que las cenizas no pesan casi nada. Este dato es importante porque a partir de ello, nos permitirá calcular el porcentaje de materia orgánica o sólidos volátiles.



Figura 16. Cenizas resultantes de la calcinación.
Fuente: *Elaboración Propia.*

Ahora aplicaremos las ecuaciones número 3 para el cálculo del porcentaje de sólidos volátiles, el porcentaje de materia orgánica o sólidos volátiles, se calculará en porcentaje de los sólidos totales, puesto que no tiene sentido calcularla en porcentaje de la muestra, ya que la humedad no interviene en un estudio de composición física.

Tabla 12

Pesajes luego de su desecación y de calcinación.

(1) Peso del crisol (g) más la muestra a 105 °C	(2) Peso del crisol (g) más la muestra a 550 °C	(3) Peso del crisol (g)
48.95	38.27	38.06
Peso de la muestra a 105 °C: (1) – (3)	Peso de la muestra a 550 °C: (2) – (3)	
10.89 g	0.21 g	

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

- Peso a 105°C sin peso de crisol: 10.89 g (Peso neto de ST, quitado el peso de tara)
- Peso a 550°C sin peso de crisol: 0.21 g (Peso de cenizas)

$$\text{Solidos volátiles (\%)} = \frac{\text{Peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso a } 550^{\circ}\text{C}}{\text{Peso de ST}} * 100$$

$$\text{Solidos volátiles (\%)} = \frac{10.89 - 0.21}{10.89} * 100 = 98.072 \%$$

El porcentaje de solidos volátiles es una cantidad grande, significa que los desechos en el camal Municipal de Chimbote, tienen una buena cantidad de materia orgánica en su composición y es un punto importante para la generación de biogás además que la cantidad de desecho disponible es buena. Como indica (Winstón, 2016), si el porcentaje de los SV (Solidos volátiles) es mayor al 70%, significa que dicha cantidad es buena para la producción de biogás.

Con los datos necesarios calculadas, procederemos a calcular la producción de biogás al día, aplicando la ecuación número 1:

$$\frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{día}} = \frac{\text{Kg de desechos}}{\text{día}} * \%ST * \%SV * N\left(\frac{\text{m}^3}{\text{Kg SV}}\right) \dots 1$$

Donde:

- Kg de estiércol al día: 990 Kg
- %St: 73.136 % (De la muestra)
- %Sv: 98.072 % (De St)
- N: (0.18 m³/kg SV – 0.4m³/kg SV), tomaremos el promedio 0.29 m³/kg SV, rendimiento en biogás por kg de solidos volátiles.

$$\frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{día}} = 990 * 0.73136 * 0.98072 * 0.29 = 205.93 \text{ m}^3/\text{día}$$

Según (Varnero Moreno, 2011) el porcentaje de metano presente en el biogás esta entre el 55%-70%, para este estudio tomaremos el promedio 62.5 % con la finalidad de comprobar si el biogás calculado es de buena calidad.

Entonces la cantidad de metano para nuestro cálculo será:

$$CH_4 = 205.93 * 0.625 = 128.70 \frac{\text{m}^3 \text{ de metano}}{\text{día}}$$

Este resultado demuestra que la cantidad de metano representa más de la mitad de todo el biogás generado, siendo así un resultado óptimo para verificar la calidad del biogás que se genera en el Camal Municipal de Chimbote.

Pero si a futuro se desea realizar un sistema de generación eléctrica a biogás por medio de generadores, es necesario purificar el biogás para evitar problemas en los motores.

A continuación, se calculará la masa total de agua necesaria para la anaerobiosis que se producirá dentro del biodigestor a partir de estos datos podemos calcular las dimensiones del biodigestor.

$$3 \text{ kg. Agua} / \text{kg. estiércol} \times 990 \text{ kg. estiércol} = 2970 \text{ kg de agua}$$

Se calculó la biomasa que entrara en proceso de anaerobiosis:

$$\text{Biomasa} = 990 + 2970 = 3960 \text{ kg. Biomasa} / \text{día}$$

Considerando una densidad para el agua de:

$$\rho = \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

Con esto, se calculó el volumen diario de biomasa (VDB):

$$VDB = 3.96\text{m}^3/\text{día}$$

Otras variables a considerar:

La relación de mezcla de agua y excreta es de 3:1, un parte de excreta por 3 de agua.

Como indica (Chonlón Velicoso, 2016), el tiempo de duración dentro del biodigestor, es el tiempo o periodo que se demora las bacterias en descomponer el afluente para la producción de biogás y depende de la relación de agua y excreta, como sabemos que una mayor cantidad de agua va a requerir un tiempo mayor de retención. Para esta tesis se estimó un periodo de 30 días de retención.

Luego de haber calculado los parámetros de diseño a continuación procederemos al diseño del biodigestor. Cabe resaltar que el parámetro más importante es la biomasa y es requisito para el diseño del biodigestor.

Características y tipo del biodigestor:

Se utilizará un biodigestor de forma cilíndrica.

Para hallar el volumen del biodigestor es sumamente importante calcular los siguientes parámetros:

Se calculará el volumen líquido (VL); como el producto de la carga diaria por el tiempo de retención:

$$VL(L) = Carga \frac{L}{\text{día}} \times Tr(\text{días})$$

$$VL(L) = 2970 \frac{L}{\text{día}} \times 30(\text{días})$$

$$VL(L) = 89100 \frac{L}{dia}$$

Luego se calculará el volumen Gaseoso (Vg); será la división del volumen líquido entre 3 que es la cantidad de agua por 1 de excreta:

$$Vg(L) = \frac{VL}{3} L$$

$$Vg(L) = \frac{89100}{3} L$$

$$Vg(L) = 29700 L$$

Por último, se calculará el Volumen Total, en este parámetro el resultado se obtendrá al sumar el volumen gaseoso y el volumen líquido que anteriormente calculamos:

$$VT(L) = VL(L) + Vg(L)$$

$$VT(L) = 89100(L) + 29700(L)$$

$$VT(L) = 118800 L$$

$$VB = VT(L) = 119 m^3$$

4.3. Determinar las dimensiones del biodigestor en base a la cantidad de estiércol; los accesorios y/o elementos del sistema de generación

Las dimensiones para el tipo de biodigestor señalada anteriormente son:

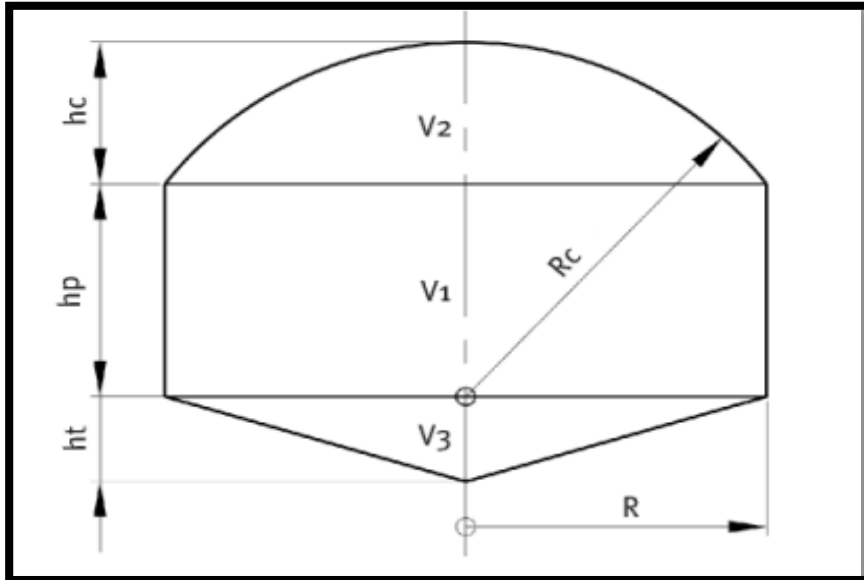


Figura 17. Esquema referencial de diseño

Fuente: (Chonlón Velicoso, 2016)

En donde:

V_B = Volumen total del biodigestor

V_1 =Volumen del cilindro

V_2 =Volumen del segmento cilíndrico

V_3 =Volumen cono base

U =Unidad

H_c =Altura de la cúpula

H_p =Altura de la pared

R =Radio básico

R_c =Radio de la cúpula

D =Diámetro del cilindro

H_t =Altura del cono base

En el volumen Total será igual a:

$$V_B = R^3 \times \pi \times 1.121 = V_1 + V_2 + V_3$$

Donde el factor de 1.121 corresponde a una constante de relación entre el radio básico con el volumen total del biodigestor, entonces:

$$R = \sqrt[3]{\frac{VB}{1.121 * \pi}}$$

Como sabemos que el VB o VT ya hemos calculado y vale:

$$VB = 119 \text{ m}^3$$

Calculamos el Radio:

$$R = \sqrt[3]{\frac{119}{1.121 * \pi}}$$

$$R = 3.233 \text{ m}$$

Hallamos la unidad en metros (U):

$$U = \frac{R}{4}$$

$$U = \frac{3.233}{4}$$

$$U = 0.808 \text{ m}$$

Radio de la cúpula:

$$Rc = 5 \times U(m)$$

$$Rc = 5 \times 0.808$$

$$Rc = 4.040 \text{ m}$$

Diámetro del cilindro:

$$D(m) = 8 \times U(m)$$

$$D(m) = 8 \times 0.808$$

$$\mathbf{D(m) = 6.464 m}$$

Altura de la cúpula:

$$hc(m) = 2 \times U(m)$$

$$hc(m) = 2 \times 0.808$$

$$\mathbf{hc(m) = 1.616m}$$

Altura de la pared:

$$hp(m) = 3 \times U(m)$$

$$hp(m) = 3 \times 0.808$$

$$\mathbf{hp(m) = 2.424 m}$$

Altura del cono base:

$$ht(m) = 0.15 \times D(m)$$

$$ht(m) = 0.15 \times 6.464$$

$$\mathbf{ht(m) = 0.969 m}$$

Ahora hallamos los volúmenes parciales:

Volumen del cilindro:

$$V_{cil.} = R^2 \times hp \times \pi$$

$$V_{cil.} = 3.233^2 \times 2.424 \times \pi$$

$$\mathbf{V_{cil.} = 79.60 m^3}$$

Volumen de la cúpula semiesférica:

$$V_{segmento\ esferico} = \pi * hc^2 * Rc * \left(\frac{hc}{3}\right)$$

$$V_{segmento\ esferico} = \pi * 1.616^2 * 4.040 * \left(\frac{1.616}{3}\right)$$

$$\mathbf{V_{segmento\ esferico} = 17.85 m^3}$$

Volumen de la base cónica:

$$V_{com.(m^3)} = R^2 * \pi * \left(\frac{ht}{3}\right)$$

$$V_{com.(m^3)} = 3.233^2 * \pi * \left(\frac{0.969}{3}\right)$$

$$\mathbf{V_{con.(m^3)} = 10.606 m^3}$$

Luego ya finalizando, hallamos por sumatoria el volumen total:

$$V_{total} = V_{cil.}(m^3) + V_{cúp.}(m^3) + V_{con.}(m^3)$$

$$V_{total} = 79.60 + 17.85 + 10.606$$

$$V_{total} = 108.056 m^3$$

Este valor se aproxima al volumen calculado anteriormente para el biodigestor que fue de:

$$VB = 119 m^3$$

Aquí notamos un error que se da por los cálculos que solo son aproximados, pero esta pequeña diferencia no va a influir en el proceso del biodigestor, solamente en las dimensiones.

El diagrama que fue elaborado a partir del diseño de instalación que se hizo, se puede observar en el anexo N° 04.

Ahora calcularemos las medidas del tanque de compensación, donde se recibe los residuos producidos por la digestión anaerobia entre la mezcla de excretas y agua.

Para esto el cálculo del mismo se considerará que va a equivaler a un tercio del volumen del todo el total del biodigestor. (Chonlón Velicoso, 2016)

$$V_{comp.} = \frac{1}{3} V_{total}$$

$$V_{comp.} = \frac{1}{3} \times 108.056 m^3$$

$$V_{comp.} = 36.018 m^3$$

En el parámetro del radio del tanque de compensación es definitivamente igual al radio del volumen definido (R). Hallamos la altura del tanque de compensación teniendo en cuenta que el tanque es cilíndrico.

$$htc = \frac{1}{\pi \times R^2} \times V_{comp.} (m^3)$$

$$htc = \frac{1}{\pi \times 3.233^2} \times 36.018 (m^3)$$

$$htc = 1.097 m$$

Al finalizar se tendrá que dejar un margen de 20 cm en la parte superior del tanque. Entonces pasamos a hallar la altura total del tanque de compensación como:

$$h_{total_{tc}} = htc + 0.2$$

$$h_{total_{tc}} = 1.097 + 0.2$$

$$h_{total_{tc}} = 1.297 m$$

Calculo del tanque de la mezcla

Tanto como el volumen del tanque de la mezcla como el volumen de entrada diaria al biodigestor, serán la suma del agua y del estiércol, teniendo en cuenta que se tiene un sobredimensionado un valor de 15%.

$$V_{tanq.mezcla} = \frac{V_{agua} (m^3) + V_{excreta} (m^3)}{1000} \times 1.5$$

$$V_{tanq.mezcla} = \frac{2970(m^3) + 990(m^3)}{1000} \times 1.5$$

$$V_{tanq.mezcla} = 5.94 m^3$$

Para finalizar este capítulo, se calculará el radio del tanque de mezcla, considerando la relación de fórmulas, en función de su altura y volumen:

$$Rtm = \sqrt{\frac{V_{tanq.mezcla}}{htc \times \pi}}$$

$$Rtm = \sqrt{\frac{5.94}{1.097 \times \pi}}$$

$$Rtm = 1.313 m$$

Consiguientemente se pasará a calcular los principales elementos que conforman al sistema de generación de energía eléctrica a partir del biogás.

Selección de tuberías de presión de PVC; resulta ser la mejor opción ya que es resistente a la corrosión, su fácil instalación y menor precio de venta. Sus principales desventajas son los rayos solares y movimiento de animales (para evitar esto el sistema estará alejado del tránsito de los animales por precaución). (Guardado Chacon, 2020)

El diámetro de la tubería depende de la distancia desde la salida del biodigestor hasta el grupo electrógeno generalizando.

La siguiente tabla es para seleccionar la tubería que será adecuada para el sistema, está en relación con el caudal, que es fácil de deducir ya que tenemos la cantidad de biogás que es de $205.93 m^3/dia$; ahora al año tendríamos $75164.45 m^3$, este se

divide entre el número de horas en el año (8760 h), obteniendo un caudal de $Q=9 \text{ m}^3/h$.

Tabla 13

Pérdidas de presión en mm de columna de agua, por cada 10 m de tubería de PVC.

Caudal	½"	¾"	1"	1 ½"	2"
m^3/h	17 mm	23 mm	30 mm	43 mm	54 mm
0.5	1.0	0.3	0.1		
1.0	2.5	0.7	0.2		
2.0	7.0	1.8	0.6		
2.5	9.9	2.5	0.8		
3.0	13.1	3.3	1.0	0.2	
4.0	20.7	5.2	1.6	0.3	
5.0	29.6	7.4	2.2	0.4	
6.0	29.7	9.8	2.9	0.6	
7.0		12.6	3.7	0.7	
8.0		15.7	4.6	0.9	0.3
9.0		19.0	5.6	1.0	0.4
10.0		22.6	6.6	1.3	0.5

Fuente: (Guardado Chacon, 2020)

Tubería de entrada; según criterios de dimensionamiento (Zamora, 2018) que este tubo debe tener un diámetro de 6" PVC, que son medidas recomendables para sistemas de pequeña y mediana escala, este tubo se usará para recibir los desechos con agua y tiene que sumergirse por lo menos a 1 m de profundidad, ya que así se evitara algún escape de metano.

Tubería de salida; En este caso se considera una tubería de 4" de PVC para mediana escala según (Zamora, 2018), se ubica más bajo que el tubo de entrada, pero en el lado opuesto, el tubo deberá estar sumergido unos 50 cm de profundidad en el fermentador para prevenir el escape del gas. Deberá mantener un flujo constante.

Válvula de alivio; su función principal es proteger el biodigestor de daños físicos o deformaciones por el aumento de presión interna. Para su selección se necesita el caudal del biogás que ya lo tenemos; también con entrada y salida de 1”.

De acuerdo a las características se seleccionará una válvula de alivio de 16 in.



Figura 18. Válvula de alivio
Fuente: Elaboración propia

Manómetros; prácticamente es un indicador analógico que es utilizado para medir la presión del gas que hay dentro del biodigestor, se seleccionó un manómetro de 0 a 100 psi, ya que por lo general las presiones suelen ser bajas, inferiores a 1000 mbar.



Figura 19. Manómetro de 0 a 100 psi
Fuente: Elaboración propia

Filtro de sulfuro de hidrógeno (H_2S); es necesario de eliminar estos compuestos si su almacenamiento es mayor de 2%, por los percances que pueda originar su alto poder corrosivo. (Guardado Chacon, 2020).

En el interior del filtro o trampa de H_2S , se coloca viruta de hierro obtenido en un taller de tornería, pero en general está a la venta con tal componente. Para este sistema de generación de biogás se escogió un diámetro de 200 mm que tendrán los filtros, con una entrada y salida para la tubería de 1".

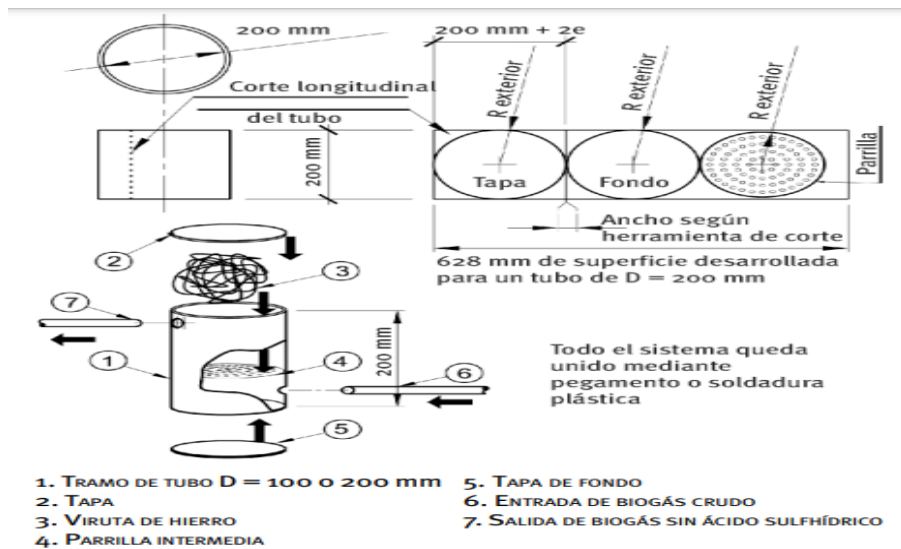


Figura 20. Filtro o trampa de H_2S

Fuente: (Guardado Chacon, 2020)

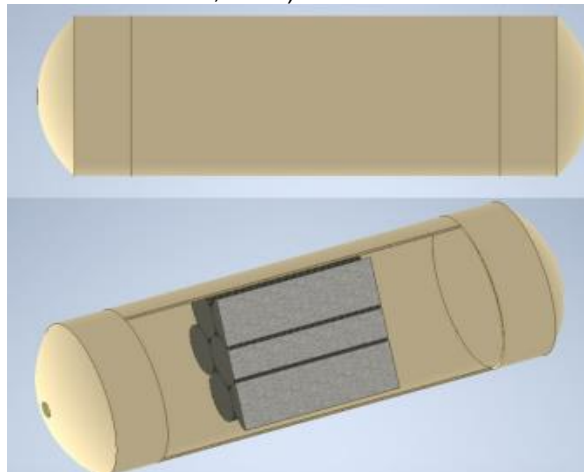


Figura 21. Filtro de H_2S

Fuente: (Velasquez Dominguez, 2020)

Filtro de CO_2 ; este filtro consiste en una columna fabricada a partir de una parte de tubería de PVC de 6" que es lo que se consideró para esta investigación, también cuenta con rejillas a diferente nivel, que el primer nivel cuenta con piedra caliza partida en tamaños de 2 a 6 mm, y tapas de PVC con perforaciones para el conexionado de las tuberías del sistema. (Velasquez Dominguez, 2020) nos indica que este proceso de filtro del CO_2 se da mediante el contacto del biogás y el carbonato de calcio, se sugiere cambiar regularmente la piedra caliza para no disminuir la tasa de absorción de CO_2 .



Figura 22. Sistema de absorción de CO_2 .
Fuente: (Velasquez Dominguez, 2020)

Filtro de agua; El biogás saliente del biodigestor contiene vapor saturado, a causa de la disminución de temperatura en los canales de tuberías puede condensarse y obstruir los conductos. Para estos casos se suelen utilizar filtros o trampas de agua tipo cerrada y abierta (Velasquez Dominguez, 2020); para esta investigación de tesis se optará por el tipo cerrado.

Es de suma importancia que el sistema de generación debe tener una pendiente de por lo menos 1% para su fácil transporte de los condensados a los puntos más bajos donde se ubiquen las trampas. (Avila, Bahamondes, De la Cerda, & Moraga, 2020).

Para el dimensionamiento se tomará como referencia una tabla en función a la temperatura y la cantidad de condensado.

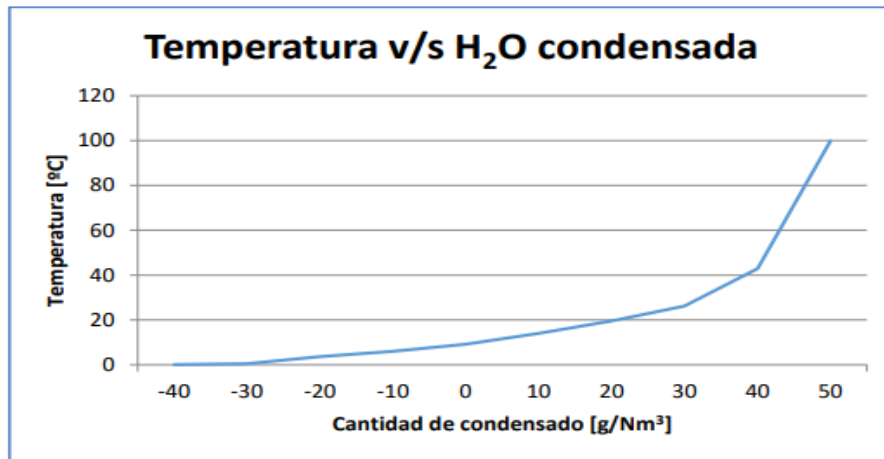


Figura 23. Generación de condensado dependiendo de la temperatura
Fuente: (Avila, Bahamondes, De la Cerda, & Moraga, 2020)

Considerando una temperatura inicial del biogás de 20°C y la final es de 10°C, transitando un caudal de 9 m³/h, la cantidad de condensado será:

$$C_{20^{\circ}C} = 25 \text{ g/Nm}^3$$

$$C_{10^{\circ}C} = 13 \text{ g/Nm}^3$$

Considerando la densidad de los condensados igual a 1000 $\frac{g}{l}$

$$C_t = (C_{20^{\circ}C} - C_{10^{\circ}C}) \cdot Q = (25 - 13) \cdot 9 = 108 \left[\frac{g}{h}\right] = \mathbf{0.10 \left[\frac{l}{h}\right]}$$

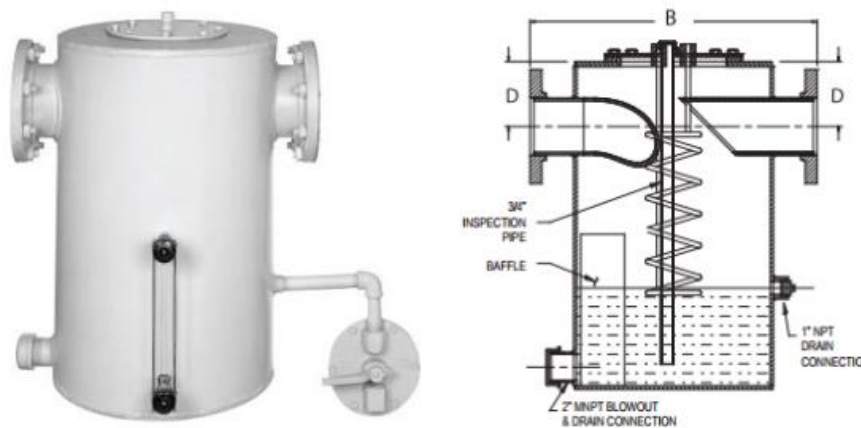


Figura 24. Filtro de humedad del biogás.
Fuente: (Avila, Bahamondes, De la Cerda, & Moraga, 2020)

Válvulas reguladoras de presión; tienen como principal función de mantener una presión constante en el sistema de biogás, estas se utilizan mayormente donde se

requiere un flujo continuo de salida que es en nuestro caso. Y su dimensionamiento depende del caudal. (Avila, Bahamondes, De la Cerda, & Moraga, 2020)

Válvula de retención; su funcionamiento es de proteger las instalaciones del sistema de generación y tuberías, contra un retorno de gas, se caracterizan por tener mínimas pérdida de presión; lo más importante es que previenen cualquier riesgo de retorno de biogás al detenerse el generador eléctrico. (Sagarna, 2019).

A continuación, se procederá a los cálculos eléctricos, que es el objetivo principal de la investigación de tesis. Pero antes de determinar la producción de energía eléctrica, es necesario realizar algunas aclaraciones para aplicar la ecuación número 7.

$$E_r = M * e * n \dots\dots\dots (7)$$

El cálculo de la cantidad de biogás que se determinó anteriormente es un valor ideal, llamado así, porque no se consideró aún la eficiencia del sistema de generación de biogás, que comprende desde el pozo de recolección de excremento mezclado con agua, el tipo de biodigestor a usarse, también parámetros como, el grado de acidez (PH) de la mezcla que ingresa al biodigestor, la temperatura al cual está sometido el sistema, y otras pérdidas menores.

Según (Tumpi, 2019), en su investigación relacionado a la producción de energía con biogás, en sus estudios experimentales determinó una eficiencia del 45% para un sistema de generación de biogás.

Con relación a la eficiencia del motor a biogás, este dato será tomado de un motor generador eléctrico, seleccionado a partir del máximo consumo de energía pico del camal Municipal de Chimbote.

Una vez aclarado un punto importante, se puede decir claramente que la ecuación número 7, se verá afectado por un factor más, denominado eficiencia del sistema de generación de biogás (N_g) que determinarán la producción aproximada real de energía en el camal Municipal de Chimbote.

Donde:

- Er: energía real producida por día
- M: m³ de biogás producido al día: 205.93 m³/día
- e: Contenido energético del biogás :6 kWh/m³
- n: eficiencia del generador
- Ng: eficiencia de sistema de generación de biogás: 45%

$$Er=M*Ng*e*n \dots\dots\dots (8)$$

La ecuación número 8 describe la producción de energía eléctrica más precisa considerando rendimientos de los sistemas de generaciones.

4.4. Determinar la demanda de consumo eléctrico del camal Municipal de Chimbote

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas que se realizó para saber el consumo energético al día de todo el camal.

Tabla 14

Resultados del Consumo Energético de los equipos del Camal Municipal de Chimbote

EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA kW	HORA DIARIA DE TRABAJO	TOTAL kWh/D	TOTAL kWh AL MES
Fluorescentes	18	0.04	12	0.48	14.4
Reflectores	8	1.5	8	12	360
Refrigeradora	4	0.35	24	8.4	252
Computadora	3	0.5	6	3	90
T.V	2	0.12	2	0.24	7.2
Ventiladores	3	0.28	3	0.84	25.2
Máquina de picar	1	5	6	30	900
Máquina de cortar	1	4	6	24	720
Electrobomba	1	1.8	2	3.6	108
TOTAL				82.56	2476.8

Fuente: Elaboración Propia.

Las potencias de los electrodomésticos son tomadas de la página web de Osinergmin, que nos indica el promedio de potencias de los artefactos de una casa. La página también nos indica una guía para poder calcular el consumo que tiene un usuario al mes.

Tabla 15
Tabla de consumos de cada artefacto

ELECTRO. Y EQUIPO	POTENCIA W	kW
TELEVISOR	120	0,12
FLUORESCENES	40	0,04
REFLECTORES	1500	1,5
REFRIGERADORA	350	0,35
COMPUTADORA	500	0,5
VENTILADORES	280	0,28
ELECTROBOMBA	1800	1,8
MAQUINA DE PICAR	5000	5,00
MAQUINA DE CORTAR	4000	4,00

Fuente: Osinergmin

El consumo de energía total al día de todo el camal es de 82.56 kWh/día.

Se utilizó el método de **EBASCO (ver anexo N° 27)**, nos permite calcular la potencia máxima de un circuito. Es un método muy útil, que nos permite seleccionar un transformador o generador que alimentará un circuito, y como datos de entrada el método considera el consumo mensual del camal (Tumpi, 2019).

El consumo mensual del camal será:

$$C_m = 82.56 \frac{\text{Kwh}}{\text{dia}} * 30 \text{ dias} = 2476.8 \text{ kWh/mes}$$

Cálculo de la potencia activa real del camal que se produce en horas punta del circuito:

$$Kw \text{ pico} = \frac{C_m}{49.7 * (C_m^{0.154})}$$

$$Kw \text{ pico} = \frac{2476.8}{49.7 * (2476.8^{0.154})} = 14.96 \text{ kw}$$

Con la finalidad de escoger un generador apropiado para operar a biogás, es necesario conocer la máxima demanda pico del camal, pero también se tiene que considerar la coincidencia de funcionamiento de los artefactos electrodomésticos o equipos, es decir se tiene que considerar las veces que los usuarios encienden a la misma vez sus artefactos, este parámetro se denomina factor de coincidencia (C_n), este coeficiente indica la proporción de tiempo en que se van a utilizar los artefactos de una instalación a la misma vez, en este caso el factor de coincidencia será de 1 ya que solo es para un establecimiento.

$$C_n = 0.38 + \frac{0.62}{N}$$

Donde:

- N: número de usuario: 1

$$C_n = 0.38 + \frac{0.62}{1} = 1.00$$

Con el método de EBASCO determinamos la demanda máxima:

$$Kw \text{ pico total} = Kw \text{ pico} * C_n * N$$

$$Kw \text{ pico total} = 14.96 * 1 * 1 = 14.96 \text{ kw/día}$$

Ahora se calculará a través de un cuadro de cargas la máxima demanda total de todos los equipos, esto se hace con el fin de verificar si el método de EBASCO es válido. Y efectivamente nos dio un resultado muy cercano.

Tabla 16

Calculo de Cuadro de Cargas

Descripción	P.I (W)	F.D	Máxima Demanda (W)
Fluorescentes	40	0.25	10
Reflectores	1500	1	1500
Refrigeradora	350	1	350
Computadora	500	0.25	125
T.V	120	0.25	30
Ventiladores	280	1	280

Máquina de picar	5000	1	5000
Máquina de cortar	4000	1	4000
Electrobomba	1800	1	1800
TOTAL			13095

Fuente: *Elaboración Propia*

Ahora se tendrá el factor de coincidencia o simultaneidad (Cn), este coeficiente indica la proporción de tiempo en que se van a utilizar los artefactos o equipos de una instalación a la misma vez, en este caso el factor de coincidencia se consideró de 1. Consiguientemente convertimos el resultado a kW.

$$\text{Maxima demanda} = \frac{13095}{1000} = 13.095 \text{ kW}$$

Entonces tenemos:

$$Kw \text{ pico total} = kW * Cn$$

$$Kw \text{ pico total} = 13.095 * 1$$

$$Kw \text{ pico total} = 13.095 \text{ kW}$$

Para la selección del generador, principalmente se debe saber que un generador eléctrico es una máquina que transforma energía mecánica en Energía Eléctrica, para esta investigación de tesis se utilizara un generador a biogás conocido también como Grupo Electrónico, para el camal Municipal de Chimbote se podría escoger un generador a biogás de 25 kW a más, si es que se considera la tasa de crecimiento del camal, como referencia para este estudio para el camal se va elegir como referencia un generador a biogás que va de 25 kW de la marca Aqua Limpia Engineering.

Para tal **selección del generador** se siguió los siguientes criterios:

El tipo de combustible, en este caso es el biogás.

Generador será fijo ya que es adecuado porque tendrá un funcionamiento continuo.

Se elegirá un generador de 4 tiempos por ser su funcionamiento más silencioso y una vida útil más extensa.

El grupo electrógeno deberá contar una potencia de funcionamiento de 25 kW como se dedujo en los cálculos anteriormente.

El consumo de biogás debe ser de 0.6 m³/kWh.

El combustible (biogás) debe tener un porcentaje de metano mayor a 50%, en los cálculos se demuestra que es mayor al 50%.

La eficiencia del motor deberá ser mayor al 50%.



Figura 25. Grupo seleccionado
Fuente: Aqua Limpia Engineering

Este generador tiene las siguientes características:

- Tensión nominal: 380/220v
- Frecuencia:50/60 Hz
- Consumo de biogas:0.6 m³/kWh
- Potencia: 25 kW
- Combustible: Biogás con porcentaje de metano mayor 50 %
- eficiencia del motor: 75%

Como se conoce el consumo del motor, se puede evaluar si la cantidad de biogás generado es suficiente para atender el consumo por día del camal, por ello a la cantidad de biogás ideal hallado anteriormente, se le multiplicara la eficiencia de

sistema de generación de biogás (Ng) que es 45%, para determinar el biogás real al día que se obtendrá del camal.

- B: total de biogás real: $205.93 * 0.45 = 92.67 \text{ m}^3/\text{día}$
- kWh total: consumo de energía total del camal: $82.56 \text{ kWh}/\text{día}$

4.5. Determinar la cantidad de Energía Eléctrica en kWh a partir de la obtención de los residuos sólidos del camal.

Ahora ya conocido la eficiencia del motor del generador, podremos aplicar la ecuación 8 para encontrar la producción de energía eléctrica en el camal de Chimbote:

Donde:

- Er: energía real producida por día
- M: m³ de biogás producido al día: $92.67 \text{ m}^3/\text{día}$
- e: Contenido energético del biogás : $6 \text{ kWh}/\text{m}^3$
- n: eficiencia del motor: 75%
- Ng: eficiencia de sistema de generación de biogás: 45%

$$Er = M * Ng * e * n \dots\dots\dots (8)$$

$$Er = 92.67 * 0.45 * 6 * 0.75 = 187.66 \text{ kWh}/\text{día}$$

Para saber la generación en kW por horas, procedemos a:

$$Er = \frac{187.66 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = 7.82 \text{ kWh por hora}$$

Como un dato adicional para poder realizar un análisis más adelante, se calcula el potencial de generación eléctrica ideal, es decir el potencial sin efectos de rendimientos y eficiencias será.

$$Ei = 187.66 * 6 = 1125.96 \text{ kWh}/\text{día}$$

Si el consumo de biogás del motor tomado como referencia es de 0.6 m³/kWh, entonces se requerirá un total de combustible para abastecer toda esa demanda al día de:

$$Ct = 0.6 * 82.56 = 49.54 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Entonces se requiere de por lo menos una cantidad de combustible de 49.54 m³/día de biogás para abastecer al camal Municipal de Chimbote.

Es fácil notar que la producción real de biogás es de 92.67 m³ por día, entonces sería suficiente para abastecer al motor de biogás tomado como referencia.

Para que esta generación de energía sea continua, dependerá mucho, de la frecuencia en que se genera el biogás, y eso está relacionado con el tipo de sistema de generación de biogás instalado, y tendría que ser del tipo continuo. Eso abarcaría el estudio completo de un diseño de una mini central de generación eléctrica aprovechando los recursos vacunos y porcinos del camal Municipal de Chimbote.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo para la generación de energía eléctrica a partir de biogás obtenido de los animales del camal Municipal de Chimbote.

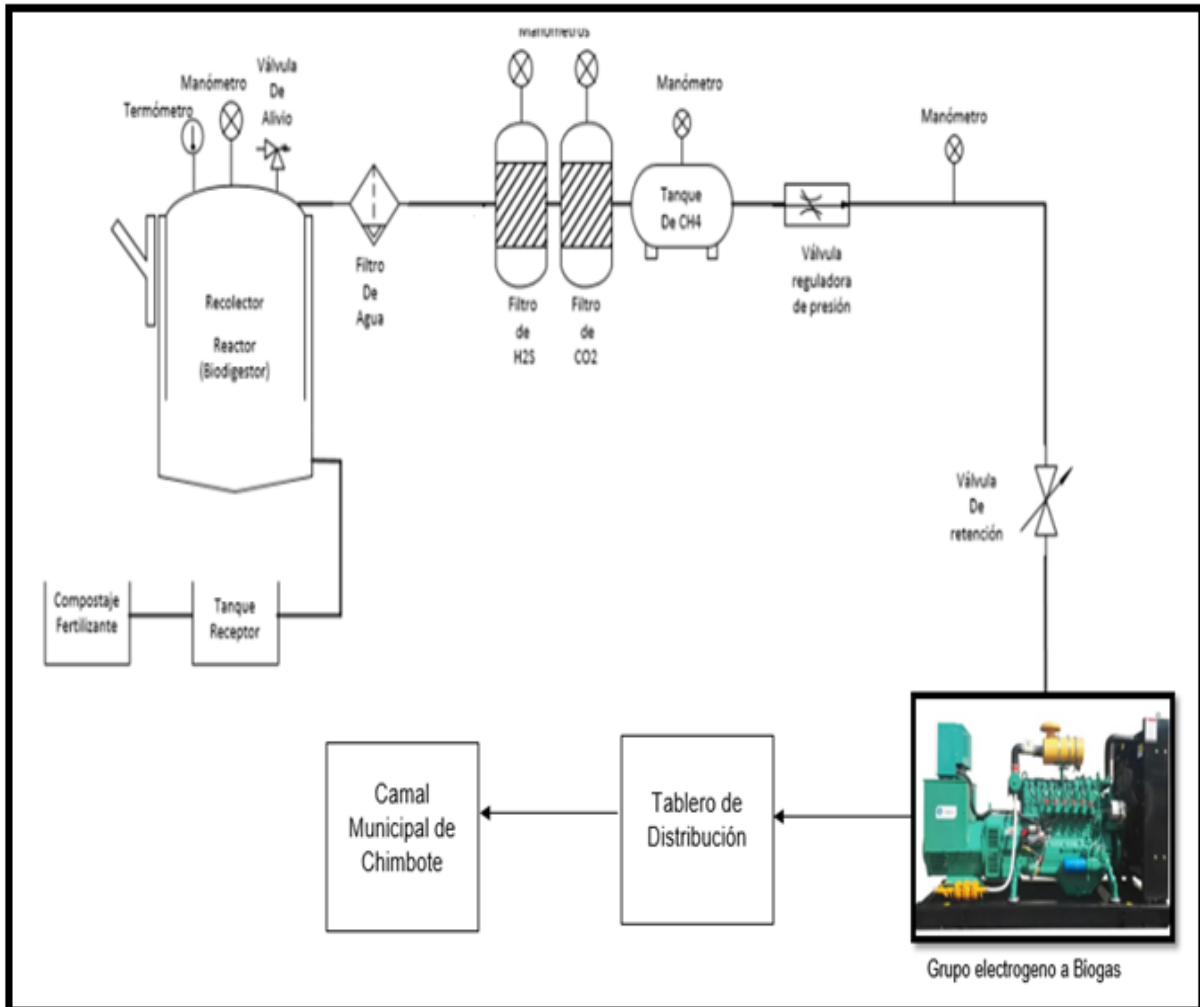


Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de biogás para la generación de energía eléctrica del camal

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se establecerá la factibilidad económica de la generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido del camal:

En este presupuesto se mencionará los materiales generales de todo el sistema de biodigestion, tal y como se muestra a continuación.

Tabla 17

Presupuesto del sistema de generación de energía eléctrica a partir de biogás

Ítem	Descripción de componentes	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Total
1.00	Biodigestor tipo cilíndrico	Und.	1.0	4,000.00	4,000.00
2.0	Filtro de agua	Und.	1.0	1,000.00	1,000.00
3.0	Filtro de H_2S	Und.	1.0	575.00	575.00
4.0	Filtro de CO_2	Und.	1.0	750.00	750.00
5.0	Manómetros	Und.	6.0	120.00	720.00
6.0	Bomba de biogás	Und.	1.0	1,200.00	1,200.00
7.0	Grupo Electrógeno a biogás Green Power	Und.	1.0	33,600.00	33,600.00
8.0	Tablero de distribución	Und.	1.0	1,200.00	1,200.00
9.0	Válvula reguladora de presión	Und.	1.0	230.00	230.00
10.0	Válvula de retención	Und.	1.0	80.00	80.00
11.0	Sistema de tubería de PVC 1"	m	5.0	100.00	100.00
12.0	Adicionales	Und.	1.0	1,300.00	1,300.00
Total					44,755.00

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo la tabla siguiente presentará el costo del montaje del sistema y mantenimiento de las maquinas principales.

Se consideró para este presupuesto mantenimiento 2 veces al año, para su efectivo funcionamiento y producción constante de Energía Eléctrica para el camal Municipal de Chimbote.

Tabla 18

Montaje del sistema de generación eléctrica a partir de biogás y costos anuales de mantenimiento.

Ítem	Descripción de componentes	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Total
1.0	Montaje del biodigestor	Und.	1.0	1580.00	1580.00
2.0	Montaje del grupo electrógeno a biogás	Und.	1.0	1300.00	1300.00
3.0	Mantenimiento de grupo electrógeno a biogás	Und.	2.0	350.00	700
Total					3580.00
Monto total de inversión					48,335.00

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se obtiene un monto de inversión de S/. 48,335.00 nuevos soles, la cual será financiada por una empresa privada o por la misma municipalidad de Chimbote, ya que no solo será un beneficio económico, sino que también se podrá disminuir considerablemente la contaminación ambiental de la zona. El presente presupuesto tiene toda la instrumentación requerida que inicia en el biodigestor de almacenamiento de biomasa, hasta el grupo electrógeno, el cual generará energía eléctrica para cubrir la demanda del camal.

Para el cálculo con los flujos neto o flujo de caja, es necesario detallar los ingresos y egresos anuales, ya que la resta de estos dos daría como resultado los valores del flujo neto considerados para los 5 años próximos.

Tabla 19

Detalle de ingresos y egresos

Años	Ingresos	Egresos
1	S/ 9,667.00	S/ 700.00
2	S/ 14,500.50	S/ 700.00
3	S/ 19,334.00	S/ 700.00
4	S/ 24,167.50	S/ 700.00
5	S/ 29,001.00	S/ 700.00
Total	S/ 96,670.00	S/ 3,500.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Flujo de caja o flujo neto

FLUJO NETO	
Año	Valor
1	S/ 8,968.00
2	S/ 13,800.50
3	S/ 18,634.00
4	S/ 23467,.50
5	S/ 28,301.00
Total	S/ 93,170.00

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del VAN y TIR, debemos tener en cuenta la inversión del proyecto y también para este caso se consideró un periodo de 5 años. Son datos que ya tenemos y se pasará a calcular el VAN y TIR.

Tabla 21

Valor total de inversión con el flujo neto por año.

Monto de inversión	-S/	Periodo				
	48,335.00	AÑOS				
	Inversión	1	2	3	4	5
Flujo de caja (neto anual)	-S/	S/	S/	S/	S/	S/
	48,335.00	8,967.00	13,800.50	18,634.00	23,467.50	28,301.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, nos indica que la inversión equivale a S/ 48,335.00 nuevos soles, esta cantidad se consideró como egreso. También se puede observar que el periodo de inversión será de 5 años para esta tesis, que significa; que, a partir del quinto año a más, se podrá retomar y generarse en ingresos constantes.

Calculo del Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Retorno (T.I.R.), a continuación, se mostrarán las ecuaciones del V.A.N. y T.I.R.

V.A.N

$$VAN = -A + Q1 / (1 + K) 1 + Q2 / (1 + K) 2 + Q3 / (1 + K) 3 + Q4 / (1 + K) 4 + Q5 / (1 + K) 5$$

Donde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

T.I.R

$$0 = -A + Q1 (1 + K) 1 + Q2 (1 + K) 2 + Q3 (1 + K) 3 + Q4 (1 + K) 4 + Q5 (1 + K) 5$$

Donde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

Desarrollando el procedimiento de cálculo en tablas de Excel, a continuación, comprobaremos si el proyecto es factible o no. Considerando una tasa de descuento del 10%.

Tabla 22

Calculo del VAN

Nro.	Flujo Neto (Q)	$(1 + i)^n$	$Q / (1 + i)^n$
0	-48335.00		-24735.00
1	8967.00	1.10	8151.82
2	13800.50	1.21	11405.37
3	18634.00	1.33	14000.00
4	23467.50	1.46	16028.62
5	28301.00	1.61	17572.69
Σ Sumatoria total			42423.50
			VAN S/ 18,823.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Calculo del TIR a cinco años

Tasa interna de retorno (TIR)	
Tasa de descuento	VAN
0%	S/ 44,835.00
5%	S/ 30,300.55
10%	S/ 18,823.50
15%	S/ 9,637.93
20%	S/ 2,195.56
25%	-S/ 3,902.51

30%	-S/ 8,950.86
35%	-S/ 13,170.02
40%	-S/ 16,727.20
45%	-S/ 19,750.65
50%	-S/ 22,339.82
55%	-S/ 24,572.62
60%	-S/ 26,510.64
TIR	20%

Fuente: Elaboración propia

En las tablas se muestran los valores del VAN y TIR, que son: Para el VAN que es igual a **S/ 18,823.50**, significa que hace factible la inversión en principio también por ser un valor positivo que viabiliza el desarrollo del proyecto.

La TIR equivalente al **53%**, con una diferencia del **10%** a la tasa de interés considerada al comienzo, lo que hace al proyecto en su máxima expresión que sea factible. El periodo de recuperación de la inversión será en 4 años y 5 meses en su totalidad.

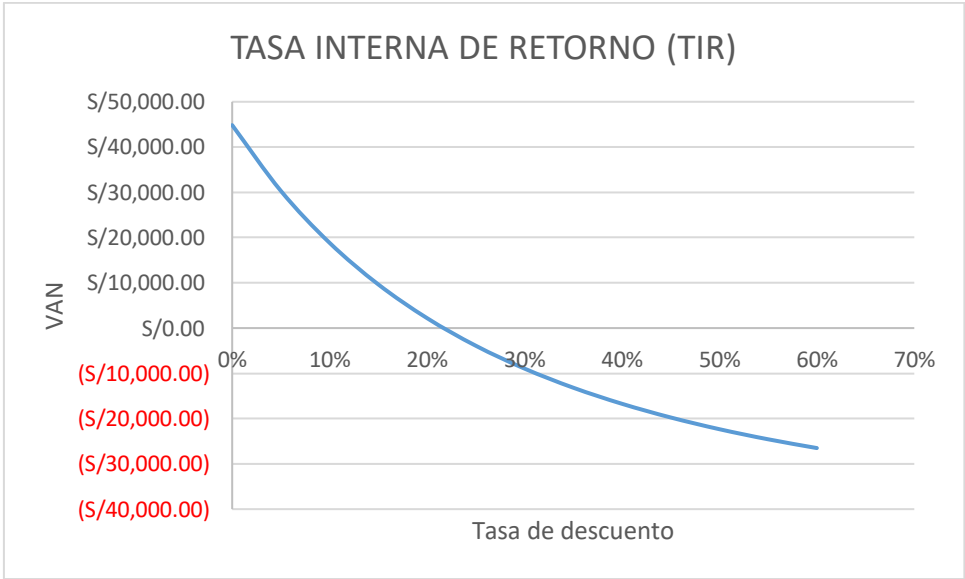


Figura 27. Gráfico de la tasa Interna de Retorno con el Valor Actual Neto
Fuente: Elaboración Propia

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN

En la investigación para estimar la producción de biogás, se consideró dos criterios de evaluación, el primero fue un potencial ideal, que según la ecuación número 1, solo está involucrada las composiciones físicas del excremento como son los sólidos totales y sus sólidos volátiles, el resultado fue de 205.93 m³/día, esto significa que el excremento de los bovinos y porcinos del camal, tienen un potencial grande para generar biogás, pero en realidad aprovechar todo ese potencial con exactitud es muy difícil, ya que se tendría que construir un sistema muy eficiente para generar biogás.

En este estudio, con la finalidad de asemejarse a un valor más real de producción, se ha considerado una eficiencia del sistema de generación de biogás de 45 %, obteniendo un resultado de 92.67 m³/día.

El resultado anterior se puede comparar con el resultado que, del autor, (Zamora, 2018), obtuvo un resultado de 0.75m³/día de biogás, con una producción de excremento porcino disponible de 37.33 Kg/día. Esto es razonable ya que al día tenía una cantidad de 213.33 Kg de excremento, a diferencia de esta investigación se obtuvo una cantidad de 990 Kg de estiércol vacuno y porcino. Y su aporte a esta investigación son el análisis que se hizo para calcular componentes del biodigestor para la mayor purificación posible del biogás a obtenerse.

Los resultados obtenidos sobre la producción de energía eléctrica, fueron de 187.66 kWh/día, significa que esa es la capacidad de generación de energía para el camal Municipal de Chimbote, y el consumo energético del camal fue de 82.56 kWh/día, entonces es más que suficiente para cubrir ese consumo energético. Cabe resaltar que la cantidad de energía eléctrica generada no se usará en su totalidad, solamente para cubrir la demanda máxima del camal y algunas extensiones más que puedan agregar al camal dentro de los próximos años.

Se recurrió a la investigación del autor (Tumpi, 2019), para utilizar el método de EBASCO, un método usado por la mayoría de empresas distribuidoras de energía eléctrica, con este método se evalúa la potencia máxima que demanda un circuito y poder seleccionar un generador para cubrir la demanda de ese circuito, en este caso

para el camal Municipal de Chimbote es un solo circuito. Con el resultado de la potencia máxima (14.96 kW) ya conocida y para valores más reales en la producción de energía se seleccionó un generador de 25 kW, que tiene un consumo de 0.6 m³/kWh, y poder tomar sus características como lo es su consumo, con eso se pudo conocer que por lo menos debe haber una cantidad de combustible de 49.54 m³/día, para cubrir todos los días el consumo energético del camal, y según la producción de biogás obtenida, estaríamos produciendo el doble de lo que se necesita al día para alimentar al grupo electrógeno seleccionado, y que se cubra la demanda del camal Municipal de Chimbote. Pero también se puede calcular el consumo de biogás por hora del motor en un día, procedemos entonces a multiplicar la demanda calculada por el método de EBASCO que fue de 14.96 kW/día por el consumo del motor 0.6 m³/ kWh, dando un resultado de 8.976 m³/h por día. En cambio, el autor (Tumpi, 2019), obtuvo una demanda de 21.228 kW, seleccionando un generador comercial de 30 kW.

En comparación con los resultados que obtuvieron los investigadores citados en los antecedentes, sus resultados demuestran una buena producción de energía eléctrica, esto se debe a que, independientemente del tipo de biomasa utilizada, lo que jugó un papel importante para esos resultados fueron la cantidad de materia orgánica que contenían sus biomásas, es por eso que los resultados de (Aguilar Virgen, Taboada Gonzales, & Ojeda Benites, 2011), utilizando como biomasa las RSU de Ensenada, que básicamente es una mezcla de muchas materias orgánicas como residuos industriales, domésticos, etc., llegaron a la conclusión de que el 70% de los RSU, eran materiales orgánicos; es por eso que estimaron que la producción de energía eléctrica gracias a las RSU de Ensenada llegaría a 1.9 MW en el 2019. entonces con una biomasa con gran materia orgánica, hay una buena producción de energía eléctrica.

Los resultados de (Fernando, 2006) utilizando biomasa en base al relleno sanitario del Trébol, fueron de una capacidad de generación eléctrica de 966.72 kW, nuevamente se demuestra que, utilizando biomasa, como por ejemplo un relleno sanitario compuesto en su mayoría por materia orgánica, es una buena opción para aprovechar y así tratar las aguas residuales que son muy contaminantes ya que emiten gases nocivos para el medio ambiente; y a la vez generar energía limpia.

El autor (Palacios, 2016), tiene un considerable aporte a esta investigación por describir cómo usarse el método empleado en el laboratorio para determinar el porcentaje de sólidos volátiles, que fue el método de la calcinación, este método se utilizó ya que es el más apropiado para este tipo de muestras, este método es utilizado a nivel de estudio de suelos para efectivamente determinar el porcentaje de materia orgánica en un suelo determinado. Pero también es aplicable si se quiere determinar el porcentaje de sólidos volátiles en otro tipo de muestras, como en este caso excremento de los animales del camal Municipal de Chimbote.

Para (Palacios, 2016), existen muchos métodos para evaluar el porcentaje de materia orgánica de una muestra, entre ellos la demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno, (DBO), el primero es usado para medir el grado de contaminación por materia orgánica de una muestra líquida, y con eso medir la concentración de materia orgánica presente en ella; la DBO por su lado mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar o degradar la materia orgánica.

Estos métodos son los más apropiados cuando se necesite saber la concentración de materia orgánica de una muestra líquida. Y hubieran sido las más apropiadas si en vez de utilizar desechos vacunos y porcinos como biomasa, se hubiera realizado el estudio en base a la producción de energía eléctrica por biogás procedente de rellenos sanitarios, aguas residuales, etc.

Se diseñó un biodigestor tipo cilíndrico que su dimensionamiento depende de la cantidad de excretas generado del camal en este caso es de 990 kg, generando 97.67 m³/día con una relación de 3:1, por cada kg de excreta se le suministrará 3 litros de agua para la mezcla, este diseño proviene del autor (Chonlón Velicoso, 2016), que en su investigación cuenta con 1892 kg de excreta teniendo una relación de 2:1, generando 67.962 m³/día. Finalmente se puede decir que los dos trabajos tienen algo en común y es el tiempo de retención, se eligió un periodo de 30 días para el proceso anaeróbico que sucederá dentro del biodigestor para que pueda generar el biogás.

Se usaron tuberías y accesorios para el transporte del biogás hasta el generador, estos son de gran importancia ya que de ellos depende la calidad de biogás que salga del sistema, por ello se contó con el autor (Velasquez Dominguez, 2020), que

en su investigación describe y halla la mayoría de accesorios para un sistema de generación de biogás óptimo y sostenible, por ello en esta investigación se realizó el diseño de trampas de condensados, filtros de H_2S y filtro de CO_2 , todo ello se calculó pensando en la baja complejidad y reducción de costos de instalación. El autor (Velasquez Dominguez, 2020), obtuvo 1200 W de energía eléctrica donde solo podrá funcionar durante 4 horas al día, teniendo 100 animales.

El consumo energético según las encuestas realizadas en el camal Municipal de Chimbote, mayormente se incrementa por el uso de tres equipos más comunes, como son la computadora, reflectores y refrigeradora. Esto se puede ver reflejado en el cuadro a continuación y su gráfico referidos a una semana.

Tabla 24

Consumo energético total y horas de uso total de cada artefacto en una semana del camal

ELECTRO. Y EQUIPO	Horas (h)	Consumo kWh/semana
TELEVISOR	20	16.8
FLUORESCENES	51	14.28
REFLECTORES	42	441
REFRIGERADORA	174	426.3
COMPUTADORA	72	252
VENTILADORES	15	29.4
ELECTROBOMBA	4	50.4
MAQUINA DE PICAR	40	1400
MAQUINA DE CORTAR	40	1120

Fuente: Elaboración propia

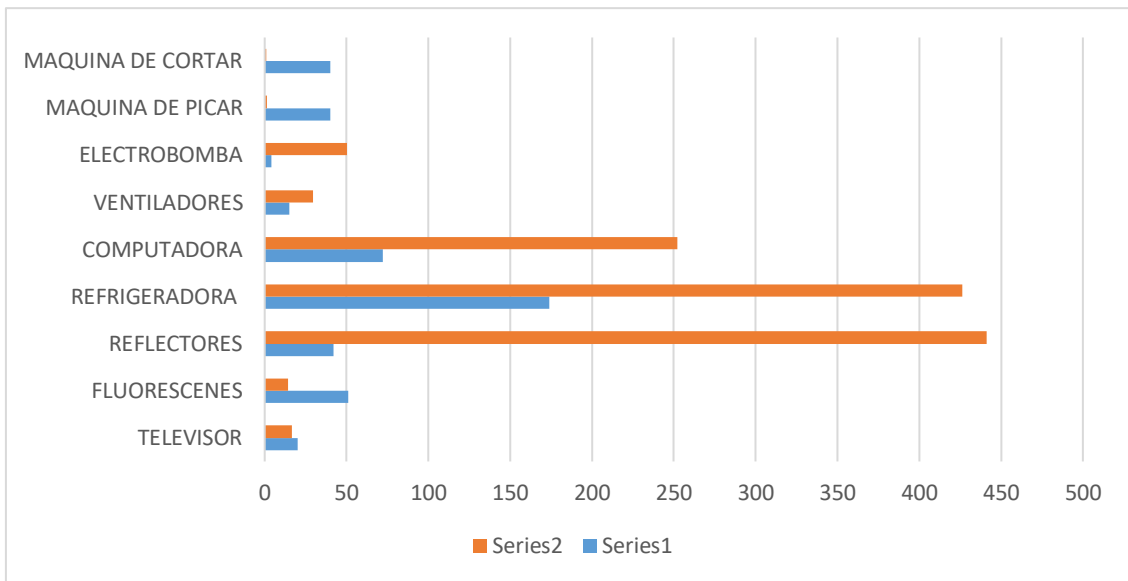


Figura 28 Grafico del consumo semanal del camal Municipal de Chimbote
 Fuente: Elaboración Propia

VI. Conclusiones

1. La generación eléctrica a partir del biogás procedente de los residuos o excrementos de los animales, para el camal en condiciones ideales es de 1125.96 kWh/día y en condiciones reales es 187.66 kWh/día respectivamente.
2. La demanda de energía eléctrica se diagnosticó tomando como referencia a la entidad Osinergmin y a encuestas realizadas donde se determinó que el camal Municipal de Chimbote cuenta con un consumo de energía total de 82.56 kWh/día.
3. Se determinó que la cantidad estimada de Energía Eléctrica en kWh, a partir de la obtención de biogás, proveniente de los residuos sólidos del camal es de 187.66 kWh, esta cantidad puede cubrir más que suficiente al consumo del camal, utilizando este recurso renovable llamado biogás, reduciendo así sus costos en la tarifa y la disminución de gases contaminantes.
4. Se determinó que la cantidad total de estiércol generado en el camal como materia prima del biogás producto de los residuos de los animales sacrificados; de la evaluación del peso de cada uno de los animales, es igual a 990 kg/día,
5. La cantidad de biogás que puede generar la calidad de estiércol del camal Municipal de Chimbote tanto ideal como real son de 205.93 m³/día y 92.67 m³/día, respectivamente, y tales resultados son producto del estudio de la composición física que se elaboró en laboratorio, calculando los principales parámetros del estudio que son los sólidos totales y sólidos volátiles.
6. Se determinó el cálculo del biodigestor tipo cilíndrico con un radio de 3.233 metros y con una altura de 5.00 metros, partiendo como dato principal la

cantidad total de materia orgánica que hay en el camal Municipal de Chimbote.

7. La calidad del biofertilizante, o abono orgánico que entrega los excrementos, es de una mejor calidad que las de otra biomasa como excremento, ovino, gallinas, etc., además que, por la cantidad tendría otro sub producto que será favorable para los agricultores, al remplazar el abono químico por abono orgánico, con esto se está contribuyendo al medio ambiente, a la salud de las personas, y a la economía de las personas.

8. La inversión del proyecto equivale a S/. 24,735.00 nuevos soles. El VAN es igual a S/ 8,337.14, lo que hace factible la inversión, ya que el resultado es un valor positivo que viabiliza el desarrollo del proyecto. La TIR con un valor de 20%, superior en un 10% a la tasa de descuento considerada inicialmente (10%), lo que hace factible en su totalidad al proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad de Chimbote, encontrar el financiamiento en convocatorias para “financiar proyectos de investigación en energías renovables”, como la implementación de proyectos de sistemas de biogás para generación de electricidad, así mismo hacer conocimiento al camal de que es factible un estudio y un diseño de un sistema de generación, que puede ir en beneficio al camal, ya que cuenta con buena cantidad de recurso.
- Según las visitas que se realizaron, se recomienda al camal, si se llevara a cabo un proyecto de diseño, habrá que saber que la temperatura del camal es variable; asemejándose más a un tipo de clima mesofílico, es decir su temperatura va desde 25 a 45°C variable, y como ya se ha mencionado la temperatura es uno de los parámetros que influyen en el proceso de generación de biogás.
- Con este estudio realizado se tiene una iniciación, para realizar otro tipo de investigación más a fondo donde se centre en estudiar las condiciones ambientales del camal, así como la composición química del excremento vacuno y porcino, y poder realizar un tipo de ingresos al camal con estos residuos de biofertilizantes como abono orgánico, es decir que, gracias a su porcentaje de nutrientes, como carbono, nitrógeno, proteínas, etc.; se puede comercializar y disminuir aún más la contaminación en el lugar.
(De la Cruz, Suclupe, & Guevara , 2020)
- Plantear a instituciones (institutos, universidades, camales municipales, etc.), para promover una mayor inversión de desarrollo de programas en difusión y demostración de esta tecnología, en diseño y construcción de sistemas de generación de energía eléctrica a partir de biogás.
- El camal cuenta con gran espacio para poder instalar un biodigestor tipo laguna cubierta, cúpula, tipo chino o unos biodigestores más económicos y que son los más usados. El tipo de laguna cubierta es utilizado en industrias como fábricas o en lugares donde la concentración de biomasa es grande.

Referencias

- Aguilar Virgen, Q., Taboada Gonzales, P., & Ojeda Benites, S. (2011). *Potencial de Producción Eléctrica del Biogás Generado en un Relleno Sanitario*.
- Avila, M., Bahamondes, P., De la Cerda, C., & Moraga, A. (2020). *Guía para el instalador de plantas de biogás de mediana y gran escala*. Santiago de Chile: NAMA.
- Barbosa León, N. (2017). *Ecological agriculture in Cuba: Key to sustainability*. Cuba.
- Barrena Gurbillon, M., Tejedo Soberon, E., Yopán Chocaca, E., & Silva Ramirez, M. (2017). Rendimiento de grupo electrógeno con motor de combustión interna a biogás. *Investigación de agro producción sustentable*, 13.
- Chonlón Velicoso, R. E. (2016). *Estudio de factibilidad de producir biogás con residuos orgánicos ganaderos para satisfacer la demanda energética, Caserío el Tambo, Motupe 2016*. Lambayeque: Universidad San Pedro.
- De Lucas Herguedas, A. I., Del Peso Taranco, C., Rodrigues Garcia, E., & Paniagua, P. (2012). *Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad*. MADRID: GRAFICOLOR-PALECIA S.L. 2012.
- Emison. (s.f.). *Emison*. Obtenido de <https://www.emison.com/produccion%20biogas.htm>
- Espina Alvarado, J. (2017). Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad. *Sector Electricidad*, 2.
- Fernando, P. R. (2006). *Producción de Energía Eléctrica a partir de Biogás procedente de Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos*. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Ferreira Madeira, J. G., Mendes de Oliveira, E., Almeida Guimarães, V., & Oliveira Chaves, Y. (2019). *Generación de electricidad a partir de biogás de yuca*

- utilizando estiércol de ganado como inóculo: una evaluación del potencial en la comunidad quilombola. Brasil.*
- Guardado Chacon, J. A. (2020). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas. La Habana: Cubasolar.*
- Guerrero, L. (2019). Como se define el Biogás. *Español*, 1.
- Gutierrez Ramos, R. Y. (2021). *Diseño de un Biodigestor para generación de Electricidad a partir de estiércol de ganado vacuno en el Caserio El Porvenir, Distrito de Bagua Grande - Amazonas. Bagua Grande.*
- Haug Ramirez, C. (21 de Agosto de 2019). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n_de_Energ%C3%ADa_El%C3%A9ctrica
- Lijarza Galvez, Y. I. (2017). *Producción De Biogás A Partir Del Estiercol De Ganado. Tingo Maria .*
- Manrique, S. (2017). *Biomasa con Fines Energeticos. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.*
- Muñoz Silva, C. A. (2019). *Etica Aplicada En La Conducta De Los Profesionales En El Campo De Ingenieria Electrica. Eumed*, 2.
- Oblitas Cabrera, A. R. (2018). *Estudio Técnico-Económico Para Producir Biogás A Partir De Los Residuos Generados Por El Camal Municipal De Tumán 2017. Tumán.*
- Ortiz Zuñiga, D., Picazo Gonzáles, C. S., Suarez Soto, F. A., Flores Chavez , C. U., & Sanchez Sanchez , S. (2019). *BIODIGESTOR. Mexico.*
- Palacios, W. A. (2016). *Diseño de un biodigestor domestico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado . Piura: Repositorio Institucional Pirhua.*
- Periche, P. F. (2016). *Propuesta de aprovechamiento del Biogas apartir del tratamiento de las aguas residuales generadas en la Empresa RICO CERDO F&G S.A.C , para su uso como Biocombustible en los Sistemas de calefacción de las areas de maternidad. Mongrovejo.*

- Reyes Aguilera, E. A. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 20.
- Rico, J. (18 de Septiembre de 2019). *Energías Renovaables*. Obtenido de Renewable Energy Magazine: <https://www.energias-renovables.com/biogas/en-marcha-la-primera-planta-que-convierte-20190918>
- Rios Villacorta, A. (2016). *Futuro de la energía en Perú: Estrategias energéticas sostenibles*. Lima: International Rivers.
- Rodriguez Vargas, A. D., & Morales Garcia, L. A. (2017). *Estimación Del Potencial Eléctrico Del Biogás Obtenido De Biomasa Residual*. Bogota D.C.
- Rodriguez, A. (23 de Julio de 2020). *Calor y frío*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/que-es-la-biomasa-y-como-funciona.html>
- Ruiz Sánchez, P. (2018). Impacto en la salud pública y el ambiente que producen las actividades de sacrificio de animales para consumo humano en el Camal Municipal de la ciudad de Moyobamba. Moyobamba.
- Sagarna, D. (2019). Biogás, Máximo aprovechamiento de los desechos orgánicos. *WITT*, 1.
- Salazar P., C., & Del Castillo, S. (2018). *Fundamentos Básicos de Estadística*. Quito.
- Tamayo Pacheco, J. F., & Salvador Jácome, J. (2021). La industria de la Electricidad del Perú. Lima: Osinergmin.
- Tumpi, S. S. (2019). Implementación de Sistema de Generación de Energía Eléctrica Alternativo a partir de la Producción de Biogás, en el Distrito de Yanaoca Provincia de Canas . Arequipa.
- Urra Medina, B., Gonzalez Saez, L., & Venancio Sanchez, J. (2016). Diseño De Un Biodigestor De Bóveda Para El Tratamiento De Los Residuales De Excretas De Cerdos De La Unidad Porcina Camarioca. Cuba: "Camilo Cienfuegos".

- Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual de Biogás. Santiago de Chile: "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con energías Renovables".
- Vasquez Cordano, A. L., Tamayo Pacheco, J. R., & Salvador Jácome, J. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú*. Lima: Gerencia de Políticas y Análisis Económico.
- Velasquez Dominguez, A. F. (2020). *Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica a partir de residuos de ganado porcino*. Buga: Universidad Antonio Nariño.
- Vera, L. A. (2016). *Estabilización de los residuos de gallinaza de Jaula y Vinaza mediante codigestión Anaerobia*. Bucaramanga.
- VIDASOSTENIBLE . (s.f.). *Vidassostenible.org*.
- Vinasco, J. P. (2012). *Tecnología del biogás*. Obtenido de [bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf): <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
- Winstón, A. P. (2016). *Diseño de un Biodigestor Doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado*. Universidad de Piura, Piura.
- Yirda, A. (28 de Noviembre de 2019). *Definición de Energía*. Obtenido de Definición de Energía: <https://conceptodefinicion.de/energia/>
- Zamora, B. J. (2018). *Diseños de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando el biogás obtenido de la conversión del estiércol de ganado porcino en la granja Mocupe, distrito de Laungas en Chiclayo*. Lambayeque.
- Zea Beltrán, J. A., Bernal Nieves, J. E., & Carvajal Sanabria, D. F. (2015). *Biodigestores De Escala A 50 Litros, Una Solución Para La Producción De Gas, Abono Y Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos*. Soacha.

Anexos

Anexo 1

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Aprovechamiento del Biogás (obtenido de desechos vacunos y porcinos)	Según (Tumpi, 2019), se genera mediante un proceso de degradación de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, o sea en ausencia de oxígeno. La digestión anaeróbica es resultado de la acción de bacterias, las cuales se denominan metano génicas, y las cuales degradan la materia, liberando metano en el proceso.	(Tumpi, 2019), llevando un análisis detallado de parámetros termodinámicos que influyen en la fermentación de la materia orgánica dentro del biodigestor para determinar su eficiencia y su producción a lo largo de un periodo de tiempo	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad • Porcentaje de materia volátil en desecho • Materia solida total • Cenizas 	<ul style="list-style-type: none"> • % • % • gr. • gr.
Demanda Energética	Según, (De la Cruz, Suclupe, & Guevara, 2020). La demanda de Energía Eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo de energía eléctrica de cualquier instalación; por lo tanto mientras más equipos o aparatos eléctricos existan en funcionamiento al mismo tiempo, mayor es la demanda.	(Zamora, 2018), determinó la máxima demanda, para ello procedió a evaluar el consumo eléctrico en diferentes horas, durante la mañana y en la noche.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento del generador • Calidad de biogás (% de metano) • Confiabilidad del sistema de generación 	<ul style="list-style-type: none"> • % • % • %

Anexo 2

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Generación de Energía Eléctrica a partir de la obtención de biogás del Camal Municipal de Chimbote.	¿Cuál será la producción de Energía Eléctrica del Biogás procedente de los desechos vacunos y porcinos en el camal Municipal de Chimbote?	Determinar la generación de Energía Eléctrica a partir del biogás procedente de los residuos o excrementos de los animales del camal Municipal de Chimbote.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la demanda de consumo eléctrico del camal Municipal de Chimbote. - Determinar la cantidad de Energía Eléctrica en kWh a partir de la obtención de los residuos sólidos del camal. - Evaluar la cantidad total de estiércol de los animales del camal. - Hacer un estudio de la composición física en laboratorio de una muestra de excremento para calcular y comparar el porcentaje de biogás que se obtendrá. - Determinar las dimensiones del biodigestor en base a la cantidad de estiércol del camal. 	H ₁ : Con el estudio de la producción de biogás con desechos de animales se satisface la demanda energética del camal Municipal de Chimbote.	<p>Aprovechamiento del Biogás (Obtenido de los Desechos de Vacunos y porcinos)</p> <p>Demanda Energética</p>	<p>Composición física</p> <p>Parámetros</p>	<p>Viscosidad</p> <p>Porcentaje de materia volátil en desecho</p> <p>Materia solida total</p> <p>Cenizas</p> <p>Rendimiento del generador</p> <p>Calidad de biogás (% de metano)</p> <p>Confiabilidad del sistema de generación</p>	<p>P: Cantidad de excremento total en kg de los bovinos y porcinos en el camal Municipal de Chimbote.</p> <p>M: La muestra que se estudiará será de 14.86g de excremento y es tomada por conveniencia.</p>	Aplicada

Anexo 3

ENCUESTA A TRABAJADORES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CHIMBOTE

I. Información general:

a. **Datos del trabajador (a):** Julio Aquino Martell

b. **Encuestador:** Angel Isaac Cordova Lezama

c. **Fecha:** 06/06/2022

d. **Ubicación del camal:**

Provincia: Ancash

Distrito: Chimbote

Dirección: Jr. Pallasca Mz Q. Lote 19 – Pueblo Joven Pensacola

e. **Cargo:** Administrador

II. Introducción:

Marcar con una **X** en los paréntesis, indicando una respuesta a cada pregunta, así también rellenar con su propio criterio a las preguntas hechas.

a) **¿Usted sabe lo que es un biodigestor?**

1) Más o menos

2) No

3) Si

4) N.A

b) **¿Para qué sirve un biodigestor?**

1) Para producir biogás naturalmente.

2) Para almacenar desechos.

3) Para almacenar agua.

4) N.A.

c) **¿Tienes a algún conocido o pariente que tenga un biodigestor?**

Si ()

No (X)

- 1) Convierte la energía mecánica en eléctrica
- 2) Almacena combustible
- 3) Produce biogás
- 4) N.A

III. Recolección de datos del camal

a. Numero de vacunos:

Vacunos : 40

Porcinos: 40

b. Sobre la cantidad de equipos instalados en el camal:

Equipos/ Cantidad	1	2	3	4	5	Si es más (Especifique)
Fluorescentes						18
Refrigeradora				X		
Computadora			X			
T.V		X				
Ventiladores			X			
Máquina de picar	X					
Máquina de cortar	X					
Electrobomba	X					

c. Sobre el tiempo de uso:

Equipos/ Cantidad	1	2	3	4	5	6	Si es más (Especifique)
Fluorescentes							12
Refrigeradora							24
Computadora						X	
T.V		X					
Ventiladores			X				
Máquina de picar						6	
Máquina de cortar						6	
Electrobomba		X					

Anexo 4

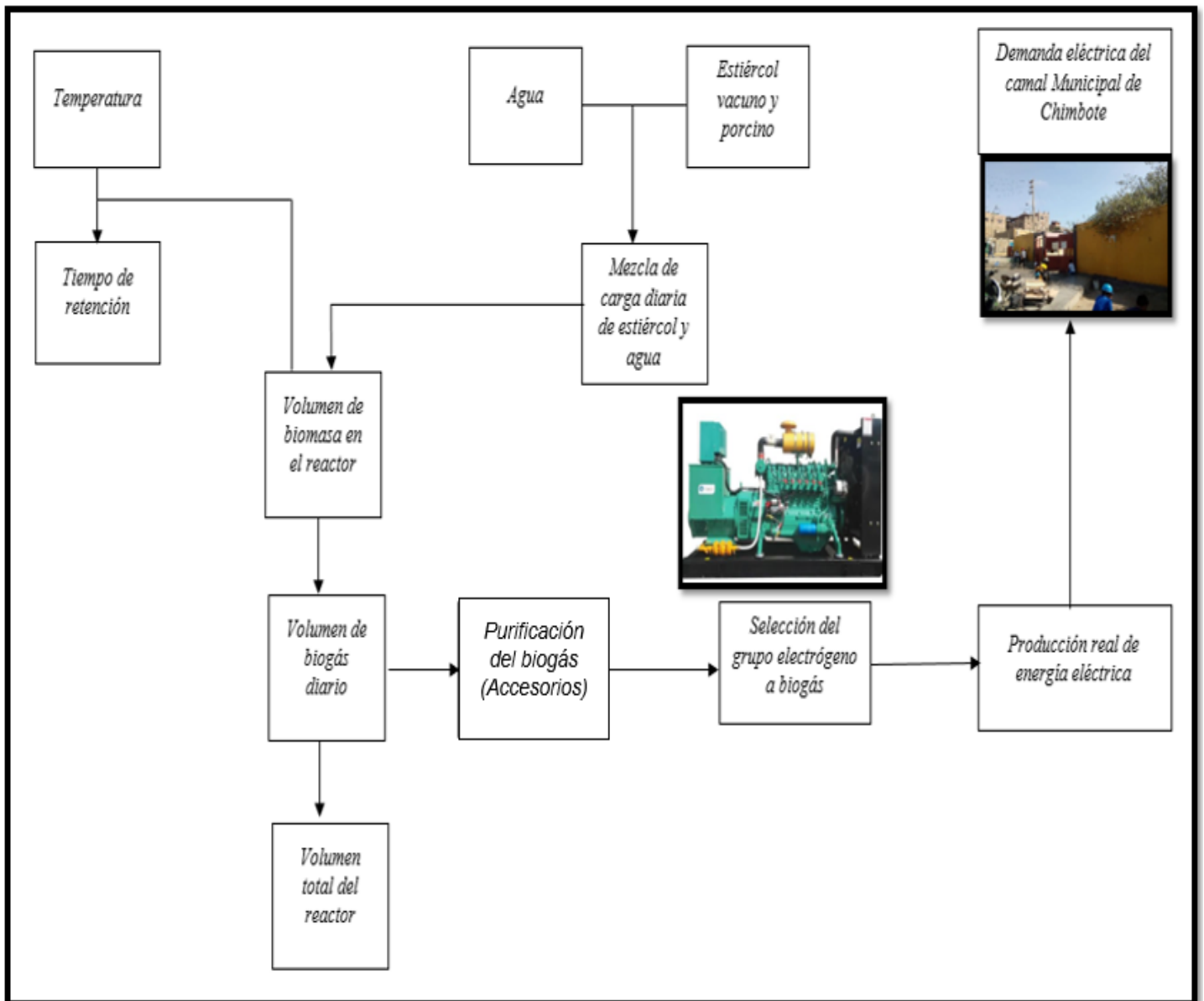


Figura 29. Procedimiento de cálculo del sistema a biogás para generación de electricidad

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5

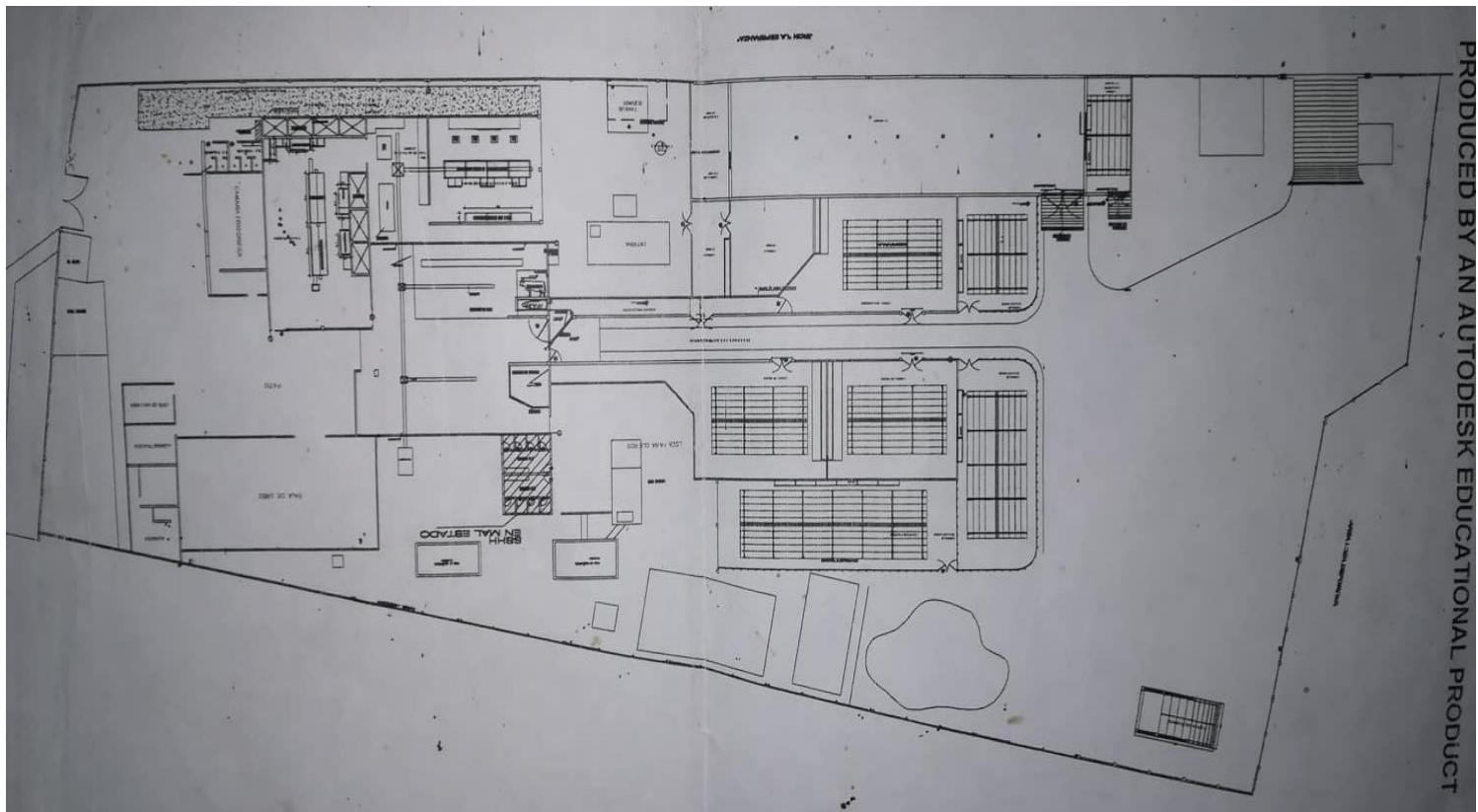


Figura 30. Plano del camal municipal de Chimbote

Fuente: Camal Municipal Chimbote

Anexo 6

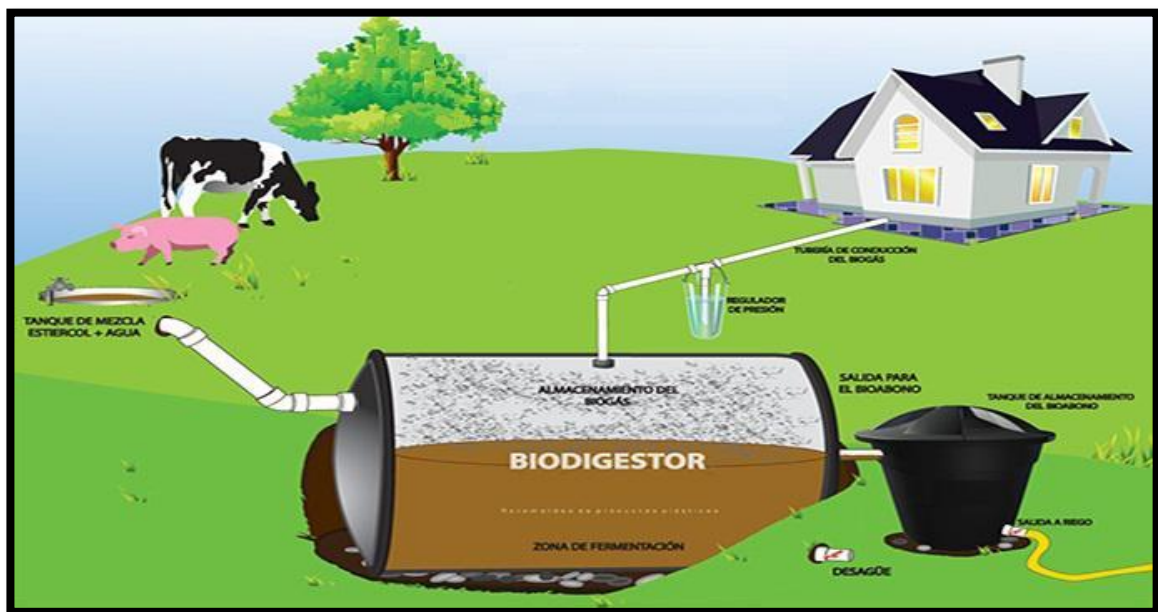


Figura 31. Pozo Séptico.

Fuente: (Barbosa León, 2017)

Anexo 7

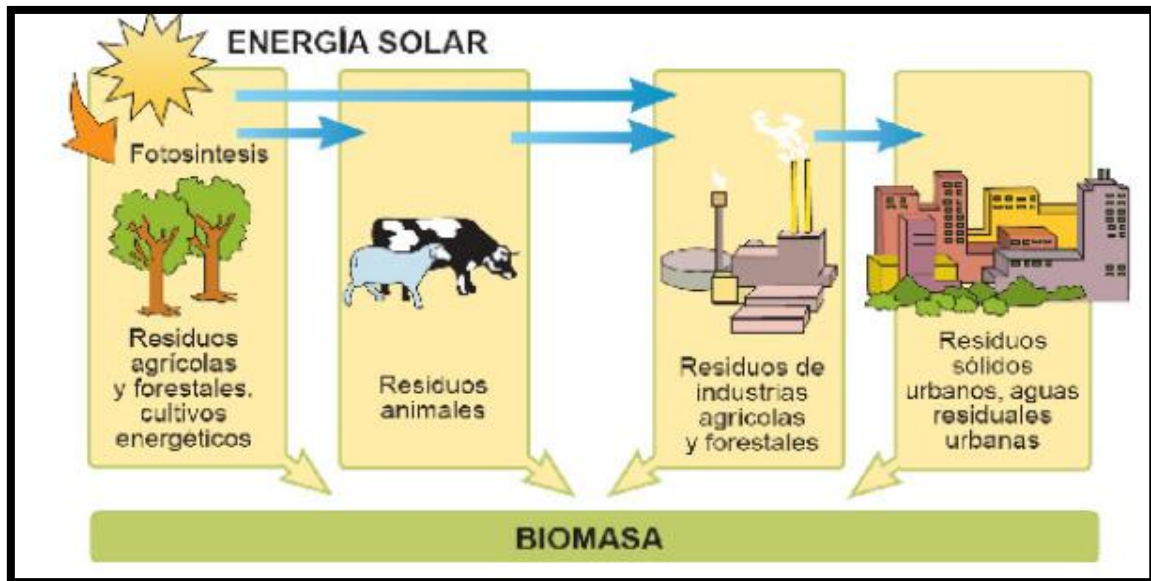


Figura 32. Diferentes fuentes para la obtención de biomasa

Fuente: De Lucas Herguedas, Del Peso Taranco, Rodríguez García, & Prieto Paniagua 2012

Anexo 8



Figura 33. Vertederos del camal

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9



Figura 34. Ganado vacuno
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10



Figura 35. Porcinos
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 11



Figura 36 Mufla del laboratorio de bioquímica

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12



Figura 37. Estufa del laboratorio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13



Figura 38. pinzas para crisol

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14



Figura 39. Balanza analítica.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15



Figura 40.crisol

Fuente: *Elaboración Propia*

Anexo 16

Tabla 25

Valores referenciales de la producción y rendimiento promedio diario de estiércol

Animal	Cantidad de estiércol por día (Kg)	Rendimiento de Biogás (m^3 /Kg. Estiércol)	Producción de Biogás (m^3 /animal. Día)	Relación Agua: Estiércol
Vacuno	12	0.04	0.60	3:1
Porcino	6	0.06	0.40	3:1
Lanar	3	0.05	0.16	3:1

Fuente: (Emison, s.f.)

Anexo 17



Figura 41. Vacuno faenado

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18



Figura 42. Cocinas del camal

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19



Figura 43. Estomago de Vacunos

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20



Figura 44. Contenido Vacuno directo al vertedero

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21



Figura 45. Porcino faenado
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22

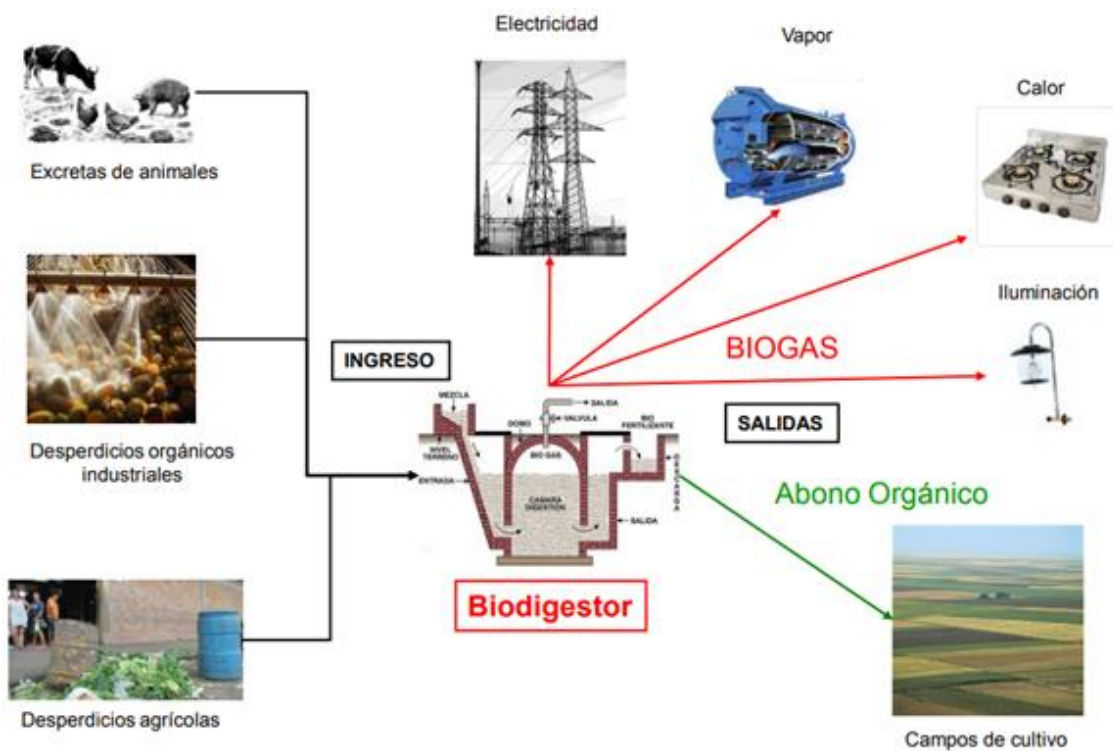


Figura 46. Esquema básico de la producción de Biogás
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 23

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERADORES DE 10 – 33 kW

	Standby(kVA)	10	16	25	25	30	33
	Model	AQL10	AQL16	AQL25	AQL25	AQL30	AQL33
standby power	kVA/kW	10/8.0	16/13.0	25/20	25/20	30/24	33/26
prime power	kVA/kW	9/7.0	15/12.0	22/18	22/18	28/22	30/24
frequency	Hz	60	60	60	60	60	60
rated voltage	V	480	480	480	480	480	480
brand							
Model motor	—	M-F10A	M-4Y	M-Isuzu 4JB1	M-4Y	M-Isuzu 4JB1T	M-4Y
displacement	L	1,051	2,237	2,771	2,237	2,771	2,237
speed	RPM	3.600	1.800	1.800	3600	1.800	3.600
starting method	—	electric start	electric start	electric start	electric start	electric start	electric start
cooling method	—	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled
brand alternator	—	Stamford	Leroy Somer	Leroy Somer	Stamford	Leroy Somer	Stamford
model	—	PI 042 D	LSA 40 VS2	LSA 40 M5	PI 042 G	LSA 42.3 VS1	PI 144 E
phase	—	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires
controller type	—	DS DSE7320	DS DSE7320	DP DSE7320	DS DSE7320	DS DSE7320	DS DSE7320
display	—	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
fuel	—	biogas	biogas	biogas	biogas	biogas	biogás
gas inlet pressure	kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa
dimension (open type)	mm*mm*mm	—	1400*710*920	1,500*600*980	1400*710*920	1,500*600*980	1400*710*920
net weight (open type)	kg	—	480	600	480	600	480
biogas consumption	m ³ /kW.h	0,65	0,65	0,64	0,64	0,62	0,60

Figura 47. Ficha técnica del Grupo Electrónico

Fuente: Aqua Limpia Engineering

Anexo 24

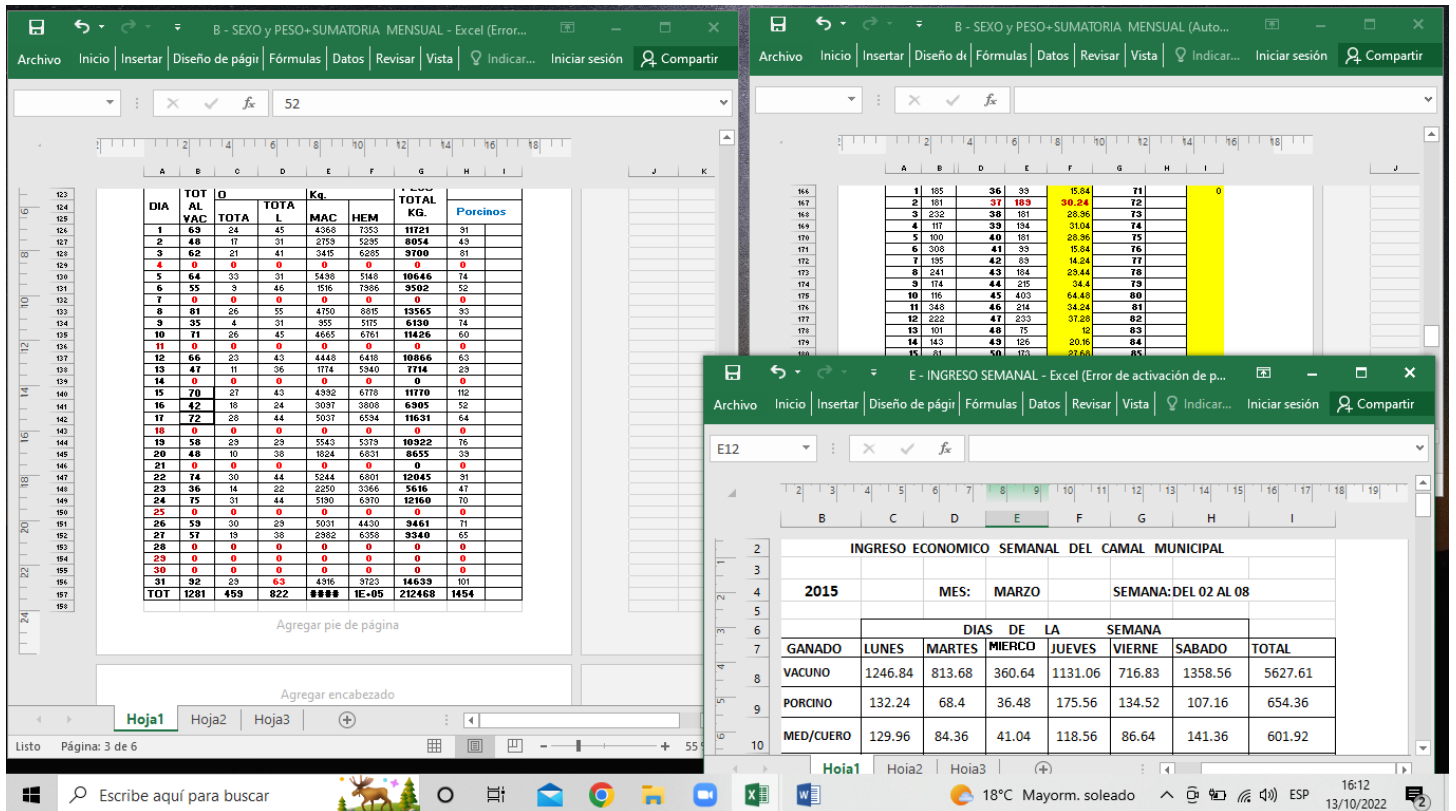


Figura 48. Registros de la cantidad de animales y pesajes por meses, de un año del camal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25



Figura 49. Dispositivo de Almacenamiento de datos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26

MÉTODO DE EBASCO

(Bernal Avila & Marmolejo Tierras, 2015), en el manual de EBASCO es una guía para el sector eléctrico, principalmente para el área de distribución, publicado en Nueva York por Electrical World McGraw-Hill, y cuyos resultados son en base a la experimentación de diferentes compañías americanas dedicadas a la construcción y diseños de equipos eléctricos.

Las fórmulas contenidas en este manual logran determinar una capacidad en KVA para un generador o transformador, a partir del número de usuarios y de su respectivo consumo promedio de energía en KWH/mes.

1. El método empieza calculando el consumo mensual por usuario.

$$Cm = \frac{Kwh}{dia} * 30 \text{ dias}$$

2. Luego asignando una potencia activa pico (kW) por usuario, equivalente a los KWH/mes consumidos. La Ecuación muestra esta relación.

$$Kw \text{ pico} = \frac{Cm}{49.7 * (Cm^{0.154})}$$

3. Se determinará el factor de coincidencia de la demanda de N usuarios.

$$Cn = 0.38 + \frac{0.62}{N}$$

Donde:

- N: número de usuario

4. Finalmente se determinará la demanda máxima:

$$KWn \text{ pico total} = Kw \text{ pico} * Cn * N$$

Donde:

kWn = Potencia activa pico del conjunto de usuarios

N = Número de usuarios

Cn = Factor de coincidencia

Anexo 27



Generator de electricidad de biogás de 25KW aprobado por CE personalizado india

Precio de referencia FOB : [Obtenga el último precio](#)

\$8,800.00 - \$8,980.00 / juego | 1 juego / juegos (pedido mínimo)

Beneficios: Reembolsos rápidos en pedidos de menos de US \$ 1,000 [Reclama ahora >](#)

Potencia nominal

Tipo de salida

Personalización: Logotipo personalizado (Pedido mínimo 1 juego)

Figura 50. Valorización de generador eléctrica a biogás

Fuente: Green power



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NELLY ROXANA SOVERO LAZO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Generación de energía eléctrica a partir de la obtención de biogás del camal Municipal de Chimbote", cuyo autor es CORDOVA LEZAMA ANGEL ISAAC, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 02 de Setiembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
NELLY ROXANA SOVERO LAZO DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 21- 10-2022 14:31:02

Código documento Trilce: TRI - 0426148